



**Universidade de Aveiro**

**2016**

Departamento de Biologia

**RÚBEN VALDO  
LOPES ROCHA**

**ESTUDO DA MACROFAUNA BENTÓNICA EM ZONAS  
DE DRAGAGEM E DEPOSIÇÃO DE DRAGADOS  
ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO**

## **DECLARAÇÃO**

Declaro que este relatório é integralmente da minha autoria, estando devidamente referenciadas as fontes e obras consultadas, bem como identificadas de modo claro as citações dessas obras. Não contém, por isso, qualquer tipo de plágio quer de textos publicados, qualquer que seja o meio dessa publicação, incluindo meios eletrônicos, quer de trabalhos acadêmicos.



**Universidade de Aveiro**

**2016**

Departamento de Biologia

**RÚBEN VALDO  
LOPES ROCHA**

**ESTUDO DA MACROFAUNA BENTÓNICA EM ZONAS  
DE DRAGAGEM E DEPOSIÇÃO DE DRAGADOS  
ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO PORTUÁRIO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Victor Manuel dos Santos Quintino, Professor Auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro



**o júri**

presidente

Professor Doutor Carlos Manuel Martins Santos Fonseca  
Professor associado com agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Victor Manuel dos Santos Quintino (Orientador)  
Professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Doutora Heliana Lilita Gonçalves Teixeira  
Investigadora auxiliar do Centro de Estudos do Ambiente e do Mar

## **agradecimentos**

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio de colegas, amigos e colaboradores, que deixo o meu sincero agradecimento.

Primeiramente, agradeço à Administração do Porto de Aveiro, em especial à Eng<sup>a</sup> Maria Manuel Cruz, pela disponibilização dos dados, sem as quais não seria possível realizar este trabalho.

Ao Professor Doutor Victor Quintino, pela orientação, apoio, pronta disponibilidade e pelas palavras de encorajamento durante a realização do trabalho. Espero que este seja o primeiro de muitos trabalhos sob a sua orientação.

À minha família, em especial à minha mãe, Sara Lopes, e ao meu irmão, Ernesto Medina, pela presença constante durante a realização deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos do Laboratório de Ecologia, Carlos H. Ortiz e Renato Mamede, pelas dicas, discussões e apoio durante estes meses. Ao meu parceiro, irmão e amigo Herick Santana, pela amizade, suporte e parceria nas noites de trabalho.

A todos os meus amigos, que de alguma forma me apoiaram.

E finalmente, mas não menos importantes à UA por tudo que aprendi nesses dois anos e a todos os professores que participaram da minha formação académica e pessoal.

Muito obrigado a todos, sem vocês nada disto seria possível.

**palavras-chave** Impacto ambiental, dragagem, deposição de dragados, comunidade bentónica, Porto de Aveiro, BACI

**resumo** Nas regiões costeiras, os transportes marítimos exigem frequentemente trabalhos de dragagens e deposição de dragados realizados como resposta ao assoreamento natural ou derivado das atividades antropogénicas. Estudos apontam que o impacto das dragagens nas comunidades bentónicas pode resultar numa redução de 40% a 95% da abundância e de 30% a 70% da biomassa das espécies. Este trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito de dragagens e deposição de dragados associados ao funcionamento do Porto e da Barra de Aveiro sobre as comunidades bentónicas.

Os trabalhos de acompanhamento da evolução sedimentar e batimétrica e das alterações da comunidade bentónica ocorreram durante cinco anos. Os dados referentes à comunidade bentónica foram obtidos em transetos com cinco locais por transeto e cinco réplicas por local em 2010, junho e novembro de 2013 e 2015. Os índices biológicos foram calculados por réplicas e em seguida obtida as médias para cada local. Foram realizadas análises de ordenação nMDS para identificar e caracterizar os locais com maior afinidade e ainda observar padrões de distribuição das espécies. Os testes de hipótese comparando a granulometria de junho de 2013 e fevereiro de 2015 e junho e novembro de 2013 foram realizadas recorrendo ao teste de hipótese PERMANOVA +. O mesmo teste foi utilizado com os dados biológicos para ver se houve diferenças entre as campanhas de junho e novembro de 2013 e entre as áreas de estudo de cada campanha.

As espécies com maior ocorrência neste estudo foram *Mediomastus fragilis*, *Lanice conchilega* e *Donax vittatus* nas campanhas de dezembro de 2010 e junho de 2013, *Pisone remota* e *Donax vittatus* na campanha de novembro de 2013 e *Diogenes pugilator* e *Nephtys cirrosa* na campanha de 2015. As comparações múltiplas indicaram que a área dragada foi significativamente diferente entre essas campanhas de 2013, tanto para os dados granulométricos como para os dados biológicos, com a área dragada significativamente diferente das áreas de deposição de dragados e controlo em ambas as campanhas comparadas.

A comunidade bentónica na área de estudo é característica de ambientes com forte hidrodinamismo e, de modo geral, corresponde às comunidades descritas em outros trabalhos realizados na região de Aveiro e na costa portuguesa. O desenho experimental utilizado nas campanhas de amostragem não permitiu afirmar com clareza que as alterações ocorridas na comunidade da área dragada foram causadas pela dragagem, sendo necessário padronizar as amostragens.

**keywords** Environmental impact, dredging, dredged disposal, benthic community, Port of Aveiro, BACI

**abstract** In coastal regions, maritime transport often requires dredging and dredged disposal operations in response to natural sedimentation or derived from anthropogenic activities. Studies indicate that the impact of dredging in benthic communities can result in a 40-95% reduction in abundance and 30-70% reduction in biomass. The general purpose of this work was to evaluate the effect of dredging and dredged disposal associated to the operation of the bar and the Port of Aveiro on the benthic communities. The work to monitor the sedimentary and bathymetric evolution and changes in the benthic community occurred during five years. Data on the benthic community were obtained in transects with five sites per transept and five replicates per site in 2010, June and November 2013 and 2015. Biological indices were calculated by replicates and then averaged for each location. nMDS analysis were performed to identify and characterize the sites with the highest affinity and to observe patterns of distribution of the species. The hypothesis tests comparing the granulometry of June 2013 and February 2015 and June and November 2013 were performed using the PERMANOVA + hypothesis test. The same test was performed with the biological data to see if there were differences between June and November of 2013 campaign and between the study areas of each campaign. The species with the highest occurrence in this study were *Mediomastus fragilis*, *Lanice conchilega* and *Donax vittatus* in the December 2010 and June 2013 campaigns, *Pisone remota* and *Donax vittatus* in the November 2013 campaign and *Diogenes pugilator* and *Nephtys cirrosa* in the 2015 campaign. Multiple comparisons indicated that the dredged area was significantly different between these 2013 campaigns for both the grain size data and the biological data, with the dredged area significantly different from the dredged disposal and control areas in both compared campaigns. The benthic community in the study area is characteristic of environments with strong hydrodynamism and, in general, corresponds to the communities described in other studies carried out in the region of Aveiro and the Portuguese coast. The experimental design used in the sampling campaigns did not allow to state clearly that the alterations occurred in the community of the dredged area were caused by dredging, and it is necessary to standardize the samplings.



# ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	v
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
HISTÓRIA DO PORTO DE AVEIRO .....	5
<b>OBJETIVOS</b> .....	6
OBJETIVO GERAL .....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
<b>METODOLOGIA</b> .....	6
ÁREA DE ESTUDO, AMOSTRAGEM E FONTE DOS DADOS .....	6
ANÁLISE DOS DADOS .....	10
Evolução batimétrica e granulométrica .....	10
Dados biológicos .....	11
<b>RESULTADOS</b> .....	12
DESCRITORES AMBIENTAIS .....	12
Evolução batimétrica e granulométrica .....	12
DESCRITORES BIOLÓGICOS .....	17
Amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011 .....	17
Amostragens de junho e novembro de 2013 .....	24
Comparação entre as campanhas de amostragem de 2013 .....	37
Amostragem de fevereiro de 2015 .....	38
<b>DISCUSSÃO</b> .....	43
CRÍTICAS AO DESENHO EXPERIMENTAL .....	46
<b>CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição dos locais de amostragem nos diferentes anos de estudo. \*O transeto T2a só foi amostrado na campanha de novembro de 2013. .... 7
- Figura 2.** Perfis batimétricos da área de estudo nos anos de 2011, 2014 e 2015. A imagem superior esquerda representa a localização dos transetos. .... 12
- Figura 3.** Comparação da evolução batimétrica por transetos (T5 ao T12) entre os anos de 2011, 2014 e 2015..... 13
- Figura 4.** Distribuição dos tipos sedimentares obtidos nas campanhas de amostragem de 2013 e 2015. O local P1 do transeto T5 da campanha de junho de 2013 não teve amostragem sedimentar (assinalado a branco). .... 15
- Figura 5.** Representação da distribuição da abundância por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 a T1b – área dragada; T2, T3 e T6 – área de controlo; T4 a T5b – área de deposição de dragados. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local..... 19
- Figura 6.** Representação da distribuição da riqueza específica por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 a T1b – área dragada; T2, T3 e T6 – área de controlo; T4 a T5b – área de deposição de dragados. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local..... 20
- Figura 7.** Representação da distribuição do índice de diversidade Shannon-Wiener por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 a T1b – área dragada; T2, T3 e T6 – área de controlo; T4 a T5b – área de deposição de dragados. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local. .... 21
- Figura 8.** Representação da riqueza específica (S) sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de dezembro 2010 – janeiro 2011. A - Com todas as áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e a área controlo da deposição de dragados (branco). C - Com os locais da área dragada (preto) e da respetiva área controlo (vermelho). .... 22
- Figura 9.** Análise de ordenação por nMDS relativa aos dados de abundância das espécies na campanha de dezembro 2010 – janeiro 2011. A) representação das áreas

de estudo; B) representação da abundância das espécies selecionadas, mostrando a sua repartição preferencial junto à costa (P4 e P5) ou mais ao largo (P1 e P2). ..... 23

**Figura 10.** Representação da distribuição da abundância por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de junho de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local..... 26

**Figura 11.** Representação da distribuição da riqueza específica por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de junho de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local..... 27

**Figura 12.** Representação da distribuição do índice de diversidade de Shannon-Wiener por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de junho de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local..... 28

**Figura 13.** Representação da riqueza específica sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de junho de 2013. A - Com todas áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e a área controlo (branco). C - Com os locais da área dragada (preto). ..... 29

**Figura 14.** Análise de ordenação por nMDS relativa aos dados de abundância das espécies na campanha de junho de 2013. A) representação das áreas de estudo; B) representação da abundância de espécies selecionadas, mostrando a sua repartição preferencial junto à costa (P4 e P5) ou mais ao largo (P1 e P2)..... 30

**Figura 15.** Representação da distribuição da abundância por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de novembro de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T2a, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local. .... 32

**Figura 16.** Representação da distribuição da riqueza específica por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de novembro de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T2a, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local. .... 33

**Figura 17.** Representação da distribuição do índice de diversidade Shannon-Wiener por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de novembro de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T2a, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local..... 34

**Figura 18.** Representação da riqueza específica sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de novembro de 2013. A - Com todas áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e área controlo (branco). C - Com os locais da área dragada (preto). ..... 35

**Figura 19.** Análise de ordenação por nMDS relativa aos dados de abundância das espécies na campanha de novembro de 2013. A) representação das áreas de estudo; B) representação da abundância das espécies selecionadas, mostrando a sua repartição preferencial junto à costa (P4 e P5) ou mais ao largo (P1 e P2). ..... 36

**Figura 20.** Representação da distribuição da abundância por transeto e local de amostragem na campanha de fevereiro de 2015 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local. .... 39

**Figura 21.** Representação da distribuição da riqueza específica por transeto e local de amostragem na campanha de fevereiro de 2015 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local. .... 40

**Figura 22.** Representação da distribuição do índice de diversidade Shannon-Wiener por transeto e local de amostragem na campanha de fevereiro de 2015 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local. .... 41

**Figura 23.** Representação da riqueza específica sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de fevereiro de 2015. A - Com todas áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e área controlo (branco). C - Com os locais da área dragada (preto). ..... 42

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Caracterização das dragagens de manutenção e capital, quanto ao objetivo, frequência e intensidade (adaptado de Fettweis et al. (2011)). ..... 2

**Tabela 2.** Distribuição dos transetos por área para cada ano de estudo. O transeto \*T2a só foi efetuado na campanha Novembro de 2013. ● campanha de 2010; ▲ campanhas de 2013 e de 2015 (2013/1 – junho; 2013/2 – novembro). ..... 8

**Tabela 3.** Informações gerais sobre as amostragens nas diferentes campanhas. .... 9

**Tabela 4.** Resultados do teste principal da PERMANOVA comparando a granulometria entre as campanhas junho de 2013 (2013/1) e novembro de 2013 (2013/2) e junho de 2013 e fevereiro de 2015. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P < 0,05$ . ..... 16

**Tabela 5.** Resultados do teste de comparações múltiplas da granulometria entre as áreas para campanhas de amostragem. AD – Área dragada; AC – Área controle; ADD – Área de deposição de dragados. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P < 0,05$ . ..... 16

**Tabela 6.** Média das réplicas por local de amostragem da abundância (N), riqueza específica (S) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a campanha de amostragem de dezembro de 2010 – janeiro de 2011. .... 17

**Tabela 7.** Média das réplicas por local de amostragem da abundância (N), riqueza específica (S) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para as campanhas de amostragem de junho e novembro de 2013. .... 25

**Tabela 8.** Resultados do teste global de PERMANOVA entre as campanhas de junho e novembro de 2013. .... 37

**Tabela 9.** Resultados das comparações múltiplas entre as campanhas de 2013 por área. AD – Área dragada; ADD – Área de deposição de dragados; AC – Área controle. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P < 0,05$ . .... 37

**Tabela 10.** Resultados das comparações múltiplas entre as áreas nas campanhas de junho e novembro de 2013. AD – Área dragada; ADD – Área de deposição de dragados; AC – Área controle. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P < 0,05$ . ..... 37

**Tabela 11.** Média das réplicas por local de amostragem da abundância (N), riqueza específica (S) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a campanha de amostragem de fevereiro de 2015. .... 38



# INTRODUÇÃO

A relação do ser humano com o mar é muito antiga, remonta às primeiras civilizações e, nos últimos anos, temos visto um aumento da dependência do homem em relação ao transporte marítimo. Os portos sempre desempenharam um papel importante no transporte de pessoas, cargas e mercadorias (Coelho *et al.*, 2011), mas com maior destaque para os dias atuais. Segundo Rodrigue *et al.* (2006) as características físicas da água desempenham um papel importante no transporte marítimo, disponibilizando vias navegáveis através de rios, lagos e baías pouco profundas. Vários rios como o Mississipi, o St. Lawrence, o Reno, o Mekong ou o Yangtze são importantes vias para o interior dos continentes e historicamente têm sido foco de atividade humana.

De acordo com Rodrigue *et al.* (2006), existe um paradoxo entre sistemas de transportes e o ambiente. De facto, o desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitam contornar as dificuldades de transporte encontradas, acarreta também elevado custo ambiental (Coelho *et al.*, 2011), podendo originar custos de mitigação superiores aos que seriam empregados para a prevenção (Rodrigue *et al.*, 2006; Sequeira, 2014; Sousa, 2004). O ambiente natural vem sendo transformado, destruído e artificializado de tal modo que já é raro depararmos com ambientes prístinos que podem ser utilizados como referência (Rodrigue *et al.*, 2006).

O aumento e desenvolvimento dos meios de transporte induzem danos no meio ambiente ao nível das alterações globais, ruído, redução da biodiversidade, qualidade do ar, da água e dos solos e perda de habitat. Nas regiões costeiras, os transportes marítimos exigem frequentemente trabalhos de dragagens e deposição de dragados realizados como resposta ao assoreamento natural ou derivado das atividades antropogénicas e do funcionamento estrutural de portos (Rodrigue *et al.*, 2006).

Conceitualmente, podemos dividir as dragagens em dois tipos: dragagem capital e dragagem de manutenção (Fettweis *et al.*, 2011; Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização das dragagens de manutenção e capital, quanto ao objetivo, frequência e intensidade (adaptado de Fettweis *et al.* (2011)).

	<b>Dragagem de manutenção</b>	<b>Dragagem capital</b>
<b>Objetivo</b>	Remoção de sedimentos que acumulam naturalmente	- Construção de vias de transportes viários (pontes, túneis) e portos;  - Aumento da cota de navegação;
<b>Frequência</b>	Regular	Isolada
<b>Intensidade</b>	Geralmente reduzida	Variada

As dragagens podem ser executadas com dragas mecânicas, hidráulicas ou mistas, dependendo da finalidade da dragagem e das características do material dragado (Coelho *et al.*, 2011). A realização das dragagens e deposição de dragados tende a ser rápida e com os meios mais eficientes possível. Assim, o período de impacto e os custos inerentes são reduzidos ao mínimo possível, salvo em casos onde as condições ambientais não permitam a rápida execução dos trabalhos (Rodrigue *et al.*, 2006). O impacto das dragagens e deposição de dragados é avaliado de acordo com a sua escala espacial e temporal (Angonesi *et al.*, 2006; Paik *et al.*, 2008). A extensão da área de dragagem e deposição de sedimentos, bem como o tempo e a intensidade com que são feitas são fatores relevantes para uma boa avaliação do impacto (Angonesi *et al.*, 2006; Hill *et al.*, 2011; Paik *et al.*, 2008; Pereira e Ramos, 2004).

A realização de dragagens e deposição de dragados exerce pressão ambiental em diversos fatores, com forte interação entre eles. Uma das avaliações primárias é o estado fisiográfico, avaliando as alterações da topo-hidrologia, da geomorfologia e consequentemente da dinâmica da área de impacto (Angonesi *et al.*, 2006; Pereira e Ramos, 2004). Alterações da fisiografia podem exercer forte influência na estrutura ecológica e biológica da fauna e da flora locais (Sánchez-Moyano *et al.*, 2003).

Os grupos mais afetados pelos impactos das dragagens e deposição de dragados são os organismos sésseis ou semi-sésseis como as algas e organismos bentônicos, os fotossintetizadores, que são afetados pela obstrução da entrada da luz devido à ressuspensão dos sedimentos e ainda os organismos consumidores que possuem uma área de dispersão reduzida e, assim, sofrem com a redução na



produção primária (Hill *et al.*, 2011; Jones e Candy, 1981; Paik *et al.*, 2008). De modo geral, o resultado de uma dragagem é a eliminação total ou quase total da comunidade bentónica e uma alteração profunda da estrutura biológica e ecológica do local de impacto. Vários trabalhos indicam que as dragagens e deposição de dragados também alteram a comunidade ictiológica, com impactos diretos, devido ao ruído, ressuspensão do sedimento e alteração da qualidade da água e do sedimento e de forma indireta, com a redução de alimento disponível devido à queda na produção primária e pela eliminação da comunidade bentónica (Hill *et al.*, 2011; Paik *et al.*, 2008).

A comunidade bentónica apresenta características bastante variadas no que concerne à ecologia, desempenhando diversas funções. Podem ser filtradores, predadores, presas, atuam na estabilização, renovação e oxigenação do sedimento, no ciclo do carbono e como elo entre níveis tróficos mais baixos e os níveis mais altos (Hill *et al.*, 2011; Phua *et al.*, 2002). Além do papel ecológico, possuem elevado valor comercial, nomeadamente para a dieta humana (Paik *et al.*, 2008).

Estudos apontam que o impacto das dragagens nas comunidades bentónicas pode resultar numa redução de 40% a 95% da abundância e de 30% a 70% da biomassa das espécies. Entretanto, essa redução está associada à intensidade e à área da dragagem. Áreas maiores e com alta intensidade de dragagens requerem maior tempo de recuperação (Hill *et al.*, 2011).

Muitos trabalhos indicam que as comunidades removidas durante as dragagens podem atingir o equilíbrio se a perturbação não for persistente (Wilber *et al.*, 2005), ou então muitas vezes atingem o equilíbrio com espécies diferentes das encontradas anteriormente (Hill *et al.*, 2011; Jones e Candy, 1981). Inicialmente, as primeiras espécies a recolonizarem uma área que sofre um impacto são as oportunistas e com grande capacidade de dispersão e tendem a seguir os padrões normais de uma sucessão ecológica dos ambientes aquáticos caso não sofram novas perturbações (Phua *et al.*, 2002). A nova estrutura da comunidade em recuperação depende muito das espécies presentes nos ambientes vizinhos, da disponibilidade em fornecer novos colonizadores e da recuperação sedimentar. Deste modo, locais frequentemente perturbados com dragagens e deposição de dragados geralmente

não conseguem encontrar o equilíbrio ecológico de referência, sendo recolonizados por espécies diferentes das encontradas inicialmente (Phua *et al.*, 2002).

Como forma de mitigar potenciais impactos, existem em Portugal leis e normas que regem as operações de dragagens e que orientam a avaliação dos impactos ambientais como as legislações referentes à avaliação do impacto ambiental (18º da Lei de Bases do Ambiente - Lei n.º 19/2014, de 14 de abril; Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro, que transpõe para a ordem jurídica interna a diretiva n.º 2011/92/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de dezembro de 2011), à utilização dos recursos hídricos (Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro e o Decreto-Lei nº 226-A/2007 de 31 de Maio), e à conservação da natureza e áreas classificadas (Resolução do Conselho de Ministros n.º 152/2001, de 11 de Outubro. D.R. n.º 236, Série I-B; Decreto-Lei nº 140/99 de 24 de Abril, alterado pelo Decreto-Lei n.º 242/2015, de 15 de Outubro; Decreto-Lei nº 142/2008 de 24 de Julho; Rede natura 2000). Existem, ainda, as linhas de orientação relativas às áreas costeiras que estão inseridas na Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional de 2006 e a Estratégia Nacional de Gestão Integrada da Zona Costeira de 2009. Entretanto, apesar da existência da Lei nº49/2006 de 29 de Agosto determinar que as dragagens de areias realizadas até 1km para dentro da terra e até a 1 milha náutica para dentro do mar, com a linha da costa como referência, devem ser utilizados para a realimentação das praias e na recuperação da zona costeira, esta não se encontra regulamentada (Coelho *et al.*, 2011), embora seja dado cumprimento ao requisito de emergir na zona costeira todos os dragados no perímetro estabelecido (1 km para terra e 1 milha náutica). Em vista dessas normativas, monitoramentos periódicos são realizados nas áreas de influência de dragagens, com o objetivo de verificar e acompanhar a amplitude dos impactos e propor soluções para que os danos ambientais sejam minimizados da melhor forma possível.

A avaliação de impactos utiliza dados biológicos, visto que os organismos vivos respondem a qualquer impacto no seu ambiente (Wilber *et al.*, 2005). Informações das comunidades bentónicas, que são as mais negativamente afetadas, são fundamentais para inferir sobre os danos ambientais causados pelas dragagens e deposição de dragados e também para verificar o grau de recuperação das áreas em causa, já que a composição de espécies, o nível trófico e os traços funcionais dão indícios sobre os estágios sucessionais em que a comunidade se encontra.

## HISTÓRIA DO PORTO DE AVEIRO

A história do Porto de Aveiro está diretamente ligada com a história da ria de Aveiro (Dionísio, 2015). Informações presentes na literatura indicam que no século XII, a Barra de Aveiro era aberta, com regiões como Ílhavo, Ovar e Estarreja diretamente ligadas ao mar. Entretanto, o transporte sedimentar pelas correntes marítimas, marés e pelo vento provocaram um forte assoreamento da costa na região, originando a laguna de Aveiro (Amorim, 1996).

Durante vários séculos a Barra de Aveiro movimentou-se ao longo da costa, com perdas de comunicação com o mar. Os momentos de isolamento causaram várias vezes inundações na região de Aveiro devido à sua proximidade em relação ao rio Vouga. Após algumas tentativas falhadas, em 1808 a Barra foi fixada no local em que se encontra hoje (APA, 2016). Contudo, os problemas com o constante assoreamento exigiam medidas mais marcantes, sendo contruídos diques e ampliados molhes (Amorim, 1996). Com a fixação da Barra e com o objetivo de dinamizar a economia da região, foi projetada a criação de um porto de pesca e de um porto comercial, junto ao canal de São Roque na cidade de Aveiro. Já nos meados do século XX, foi criada a JARBA (Junta Autónoma da Ria e da Barra de Aveiro) para fazer a gestão portuária da região, convertida em JAPA (Junta Autónoma do Porto de Aveiro) na década de 1950 e APA em 1998 (Administração do Porto de Aveiro), denominação atual (Amorim, 1996; APA, 2016; Dionísio, 2015).

A necessidade de resposta do porto ao desenvolvimento do mercado portuário e as características ambientais da região exigem uma gestão rigorosa dos transtornos causados pelos constantes processos de assoreamento (Amorim, 1996; APA, 2016). A reconfiguração dos molhes e a realização de dragagens têm sido as principais medidas adotadas para enfrentar esses processos. De acordo com APA (2016), anualmente são realizadas diversas dragagens de manutenção ao longo do canal de navegação do porto e na embocadura da Barra e, nos últimos anos, foram realizadas duas dragagens de grande porte para o aumento do calado de navegação e para a reconfiguração do molhe norte.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito de dragagens e deposição de dragados associados ao funcionamento do Porto e da Barra de Aveiro sobre as comunidades bentónicas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a comunidade bentónica na região de estudo, nomeadamente nas áreas de dragagem, de controlo e de deposição de dragados;
- Avaliar o efeito destas atividades associados ao funcionamento do Porto e da Barra de Aveiro sobre as comunidades bentónicas;
- Analisar as metodologias de amostragem utilizadas nas diferentes campanhas e propor um padrão de referência para futuras campanhas.

# METODOLOGIA

## ÁREA DE ESTUDO, AMOSTRAGEM E FONTE DOS DADOS

Os dados foram cordialmente fornecidos pela Administração do Porto de Aveiro e a recolha dos mesmos foi feita no âmbito de dois Projetos:

- Projeto de intervenção na Barra do Porto de Aveiro com Reforço do Cordão Dunar, com base na Declaração de Impacte Ambiental (DIA) emitido em 16 de julho de 2008. Os proponentes foram o antigo Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM), a Administração do Porto de Aveiro (APA) e o Instituto da Água (INAG) e teve como objetivo dragar  $1 \times 10^6$  metros cúbicos de sedimento na Barra do Porto de Aveiro e a sua deposição entre o 3º e o 5º esporão a sul da Barra, na Costa Nova.
- Projeto de Reconfiguração da Barra do Porto de Aveiro, com base na DIA emitida em 25 de setembro de 2009. O proponente do projeto foi a Administração do Porto de Aveiro (APA) e teve como objetivo o prolongamento do molhe norte da Barra do Porto de Aveiro e a dragagem de  $1 \times 10^6$  metros cúbicos de sedimento e a sua deposição entre o 3º e o 5º esporão a sul da Barra, na Costa Nova.

Os trabalhos de acompanhamento da evolução sedimentar e batimétrica e das alterações da comunidade bentónica ocorreram durante cinco anos após a conclusão dos projetos citados e decorreram com base nas respetivas DIA.

A área de estudo deste trabalho estende-se desde a área de dragagem na embocadura da Barra do Porto de Aveiro até à área de deposição de dragados entre o 3º e o 5º esporão a sul do molhe sul da Barra, na Costa Nova (Figura 1). Os dados referentes à comunidade bentónica e granulometria dos sedimentos foram obtidos em locais de amostragem dispostos em transetos perpendiculares à costa, com cinco locais por transeto e cinco réplicas por local. Os transetos foram colocados nas diversas áreas alvo do estudo (área dragada, área de deposição de dragados e áreas controlo), de acordo com a Figura 1 e Tabela 2.

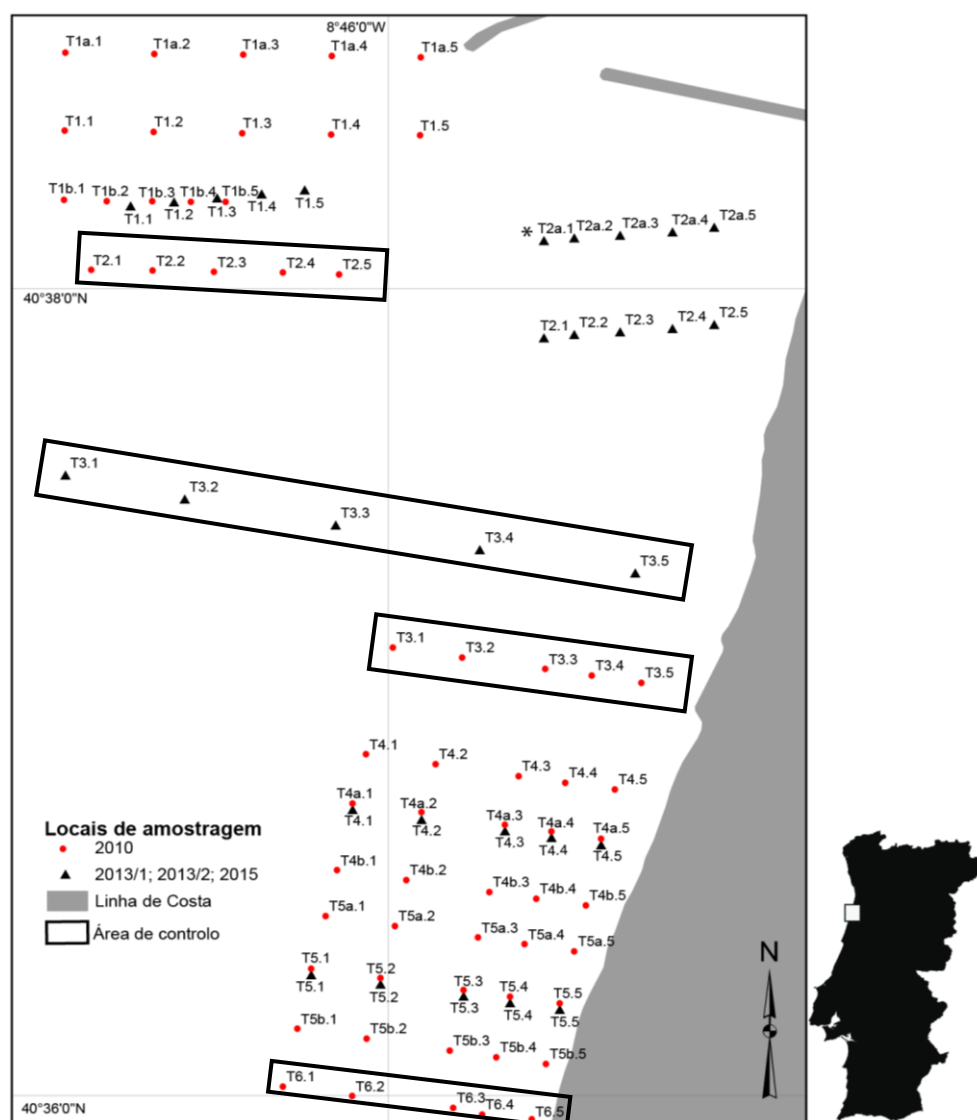


Figura 1. Distribuição dos locais de amostragem nos diferentes anos de estudo. \*O transeto T2a só foi amostrado na campanha de novembro de 2013.

Para a realização deste trabalho foram utilizados os dados biológicos, da granulometria e da batimetria. As campanhas de amostragem para dados biológicos foram feitas em dezembro de 2010 - janeiro de 2011, em junho e em novembro de 2013 e em fevereiro de 2015. A análise da evolução batimétrica foi baseada em dados de 2011, 2014 e 2015. A recolha de amostras para a caracterização granulométrica dos sedimentos foi feita nas campanhas de 2013 (ambas) e 2015 (Tabela 3). A identificação das espécies, a classificação granulométrica dos sedimentos e a evolução batimétrica foram feitas pelas empresas contratadas para a realização destes trabalhos. (Nota: os dados foram fornecidos pela APA).

Tabela 2. Distribuição dos transetos por área para cada ano de estudo. O transeto \*T2a só foi efetuado na campanha Novembro de 2013. ● campanha de 2010; ▲ campanhas de 2013 e de 2015 (2013/1 – junho; 2013/2 – novembro).

Transeto	Área	Símbolo	Amostragem
<b>T1a</b>	Dragagem	●	2010
<b>T1</b>	Dragagem	●	2010
<b>T1b</b>	Dragagem	●	2010
<b>T2</b>	Controlo área dragada	●	2010
<b>T3</b>	Controlo da área de deposição	●	2010
<b>T4</b>	Deposição de dragados	●	2010
<b>T4a</b>	Deposição de dragados	●	2010
<b>T4b</b>	Deposição de dragados	●	2010
<b>T5a</b>	Deposição de dragados	●	2010
<b>T5</b>	Deposição de dragados	●	2010
<b>T5b</b>	Deposição de dragados	●	2010
<b>T6</b>	Controlo da área de deposição	●	2010
<b>T1</b>	Dragagem	▲	2013/1; 2013/2; 2015
<b>*T2a</b>	Deposição de dragados	▲	2013/2
<b>T2</b>	Deposição de dragados	▲	2013/1; 2013/2; 2015
<b>T3</b>	Controlo única	▲	2013/1; 2013/2; 2015
<b>T4</b>	Deposição de dragados	▲	2013/1; 2013/2; 2015
<b>T5</b>	Deposição de dragados	▲	2013/1; 2013/2; 2015

As campanhas apresentaram diferenças em relação ao número e à localização dos transetos, bem como o método de amostragem (Tabela 3). A campanha de dezembro de 2010-janeiro de 2011 foi cerca de um ano depois de uma dragagem com um volume de  $1 \times 10^6 \text{ m}^3$  de sedimentos, em abril, maio, setembro e outubro de 2009.

Tabela 3. Informações gerais sobre as amostragens nas diferentes campanhas.

	Ano			
	2010	2013	2013	2015
	Dezembro	Junho	Novembro	Fevereiro
<b>Forma de amostragem</b>	Draga PONAR	Mergulhador	Mergulhador	Draga Smith-McIntyre
<b>Área unitária de amostragem</b>	0,05 m <sup>2</sup> (0,225 x 0,225m)	0,2 m <sup>2</sup> (0,45 x 0,45m)	0,2 m <sup>2</sup> (0,45 x 0,45m)	0,1 m <sup>2</sup> (0,33 x 0,33m)
<b>Transetos</b>	12	5	6	5
<b>Locais</b>	60	25	30	25
<b>Amostras de sedimentos</b>	—	25	30	25
<b>Amostras biológicas</b>	300	145	150	145
<b>Tempo pós-perturbação</b>	1 ano	Pré-dragagem	4 meses	Pré-dragagem

Em 2013, a campanha do mês de junho foi feita após a realização de pequenas dragagens de manutenção nos meses de maio e junho desse ano. A campanha de novembro foi feita após uma dragagem capital de cerca de  $1 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de sedimentos realizada em julho para aprofundar o canal de navegação e permitir o transito de navios de maior porte. A campanha de fevereiro de 2015 foi feita após pequenas dragagens de manutenção na Barra realizadas entre setembro e novembro de 2014. As campanhas de 2013 e 2015 foram realizadas com os transetos localizados nos mesmos locais (Figura 1), embora o amostrador utilizado em 2015 tenha sido diferente das campanhas de 2013 (Tabela 3).

As amostras recolhidas foram lavadas *in loco* sobre um crivo com malha de 1 mm e conservados em Formol (4%), neutralizado com borato de sódio e corado com Rosa de Bengala. As amostragens de dezembro de 2010 foram interrompidas, devido às más condições marítimas, sendo concluídas em janeiro de 2011.

## ANÁLISE DOS DADOS

### **Evolução batimétrica e granulométrica**

Os perfis batimétricos da área de estudo foram feitos com recurso ao programa ArcGis v10.2.2 (ESRI, 2013), fazendo uso de dados de profundidade, fornecidos pela APA, obtidos seguindo transetos perpendiculares à costa (Figura 2). Foram estabelecidos doze transetos (T1 a T12, não correspondentes aos transetos dos dados biológicos e granulométricos) mantidos nas mesmas posições nos trabalhos de 2011, 2014 e 2015, sendo mais curtos na campanha de 2011, o que dificultou a comparação da evolução batimétrica ao longo dos anos.

A matriz dos dados granulométricos incluiu as variáveis mediana ou  $P_{50}$  expresso em unidades Phi ( $\phi = -\log_2$  do tamanho da partícula em milímetros) e teor em cascalho, areia e finos, expressos em percentagem do sedimento total. Estes dados foram fornecidos para as campanhas de 2013 e 2015. Após a normalização das variáveis, a semelhança entre as amostras foi obtida pela distância euclidiana.

Os dados granulométricos obtidos nas campanhas de amostragem de 2013, antes e depois de uma operação de dragagem capital, foram comparados num teste de hipótese com dois fatores, o momento da amostragem (campanhas), com dois níveis, e as áreas, com três níveis, dragada, deposição de dragados e controlo. As amostras obtidas em junho de 2013 foram comparadas com as obtidas em fevereiro de 2015, uma vez que essas duas campanhas caracterizaram momentos que precederam uma dragagem. Os testes de hipótese foram efetuados com o programa Primer v6 (Clarke e Gorley, 2006), com análise de variância permutacional multivariável (PERMANOVA+) (Anderson *et al.*, 2008). A significância foi obtida pela comparação da estatística observada com valores simulados em 9.999 permutações aleatórias. Sempre que foram encontradas diferenças significativas no teste global ( $p < 0.05$ ), foram realizadas comparações múltiplas, par a par.

Na construção dos mapas de distribuição dos tipos sedimentares foi realizada uma interpolação espacial por IDW (Inverse Distance Weighted), com o programa ArcGis v10.2.2. Os sedimentos foram classificados com base na mediana expressa em unidades Phi ( $\phi$ ), de acordo com a escala de Wentworth (1922): areia muito grosseira (mediana entre  $-1$  e  $0\phi$ ), areia grosseira (entre  $0$  e  $1\phi$ ), areia média (entre  $1$  e  $2\phi$ ), areia fina (entre  $2$  e  $3\phi$ ), areia muito fina (entre  $3$  e  $4\phi$ ) e vasa (mediana superior



a  $4\phi$ ). O IDW consiste numa interpolação para a determinação dos valores das células utilizando uma combinação linear ponderada dos locais amostrados (ESRI, 2014).

### **Dados biológicos**

A riqueza específica (S), a abundância (N) e o índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ,  $\text{Log}_2$ ) foram calculados por réplica e, posteriormente, foram obtidas as médias por local de amostragem. Os gráficos de abundância, riqueza específica e diversidade foram realizados com o programa R v3.3.1 (R Development Core Team, 2015), com o auxílio do pacote 'ggplot2' (Wickham, 2009).

Na caracterização dos grupos de afinidade entre os locais de amostragem a matriz de dados biológicos foi submetida a uma transformação raiz quadrada e a matriz de semelhança das amostras foi obtida com o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Posteriormente, foram obtidos os centróides das réplicas de cada local de amostragem para a realização das análises de ordenação não paramétrica (nMDS) para identificar e caracterizar os locais com maior afinidade e ainda observar padrões de distribuição das espécies. Os diagramas de ordenação são acompanhados de valores de stress os quais, quando menores que 0.2 indicam que a configuração espacial encontrada na análise de ordenação é fiável, enquanto que valores maiores que 0.2 requerem cautela nas interpretações e conclusões (Clarke e Warwick, 2001; Kruskal, 1964). Estas análises de ordenação foram feitas com recurso ao programa Primer v6 (Clarke e Gorley, 2006).

Os dados biológicos obtidos nas campanhas de junho e novembro de 2013 foram comparados, recorrendo ao teste de hipótese PERMANOVA+ (Anderson *et al.*, 2008), com dois fatores, momentos de amostragem (dois níveis, junho e novembro) e áreas (três níveis, dragada, controlo e de deposição). A comparação foi feita para testar se houve diferenças entre os momentos pré e pós dragagem. Os testes só foram realizados com dados das campanhas de 2013, devido à incompatibilidade da metodologia e dos equipamentos utilizados para fazer as amostragens nas várias campanhas. Para a realização destas análises foram obtidos centróides de cada local de amostragem.

# RESULTADOS

## DESCRITORES AMBIENTAIS

### Evolução batimétrica e granulométrica

A análise gráfica dos perfis batimétricos mostrou que, de modo geral, a variação da profundidade seguiu o mesmo padrão nos diferentes anos, com um aumento acentuado da profundidade próximo da costa e uma estabilização desse aumento a partir dos 8 metros de profundidade (Figura 2). Entretanto, os transetos localizados na área dragada apresentaram maior oscilação (ver transetos 2 e 3 dos diferentes anos na Figura 2), possivelmente justificado pela alteração da dinâmica sedimentar ao longo da costa pelos molhes e, ainda, pela dinâmica da ria.

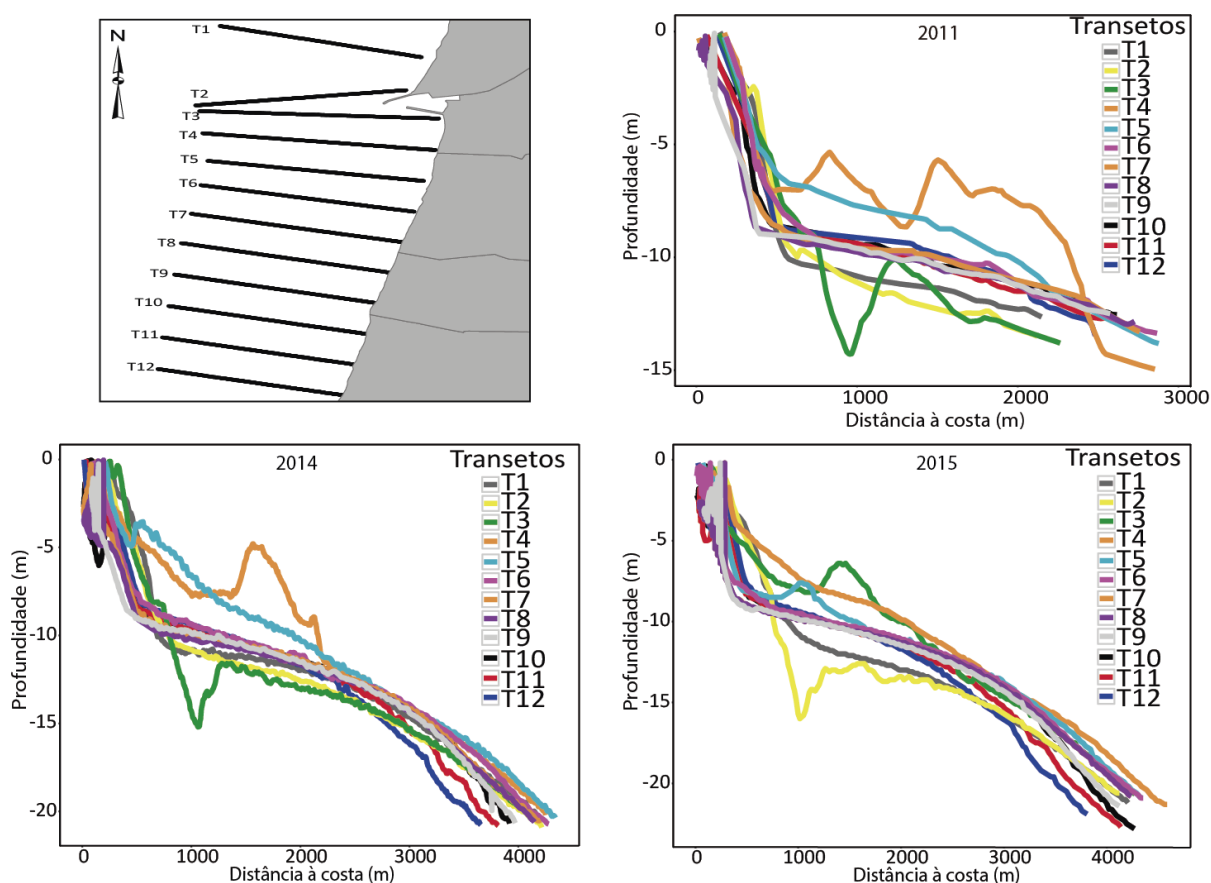


Figura 2. Perfis batimétricos da área de estudo nos anos de 2011, 2014 e 2015. A imagem superior esquerda representa a localização dos transetos.

As comparações feitas transeto a transeto (Figura 3), do T5 ao T12 dos três anos (cf. localização dos transetos na Figura 2) mostraram que a praia sofre um recuo acentuado de 2011 para 2015 em alguns locais da costa, a partir do transeto T8. É importante salientar que os estudos batimétricos de 2014 e 2015 foram realizados

após a grande tempestade Hércules de ocorreu nos primeiros dias de janeiro de 2014, que acabou por remover grande parte da areia da praia da Costa Nova.

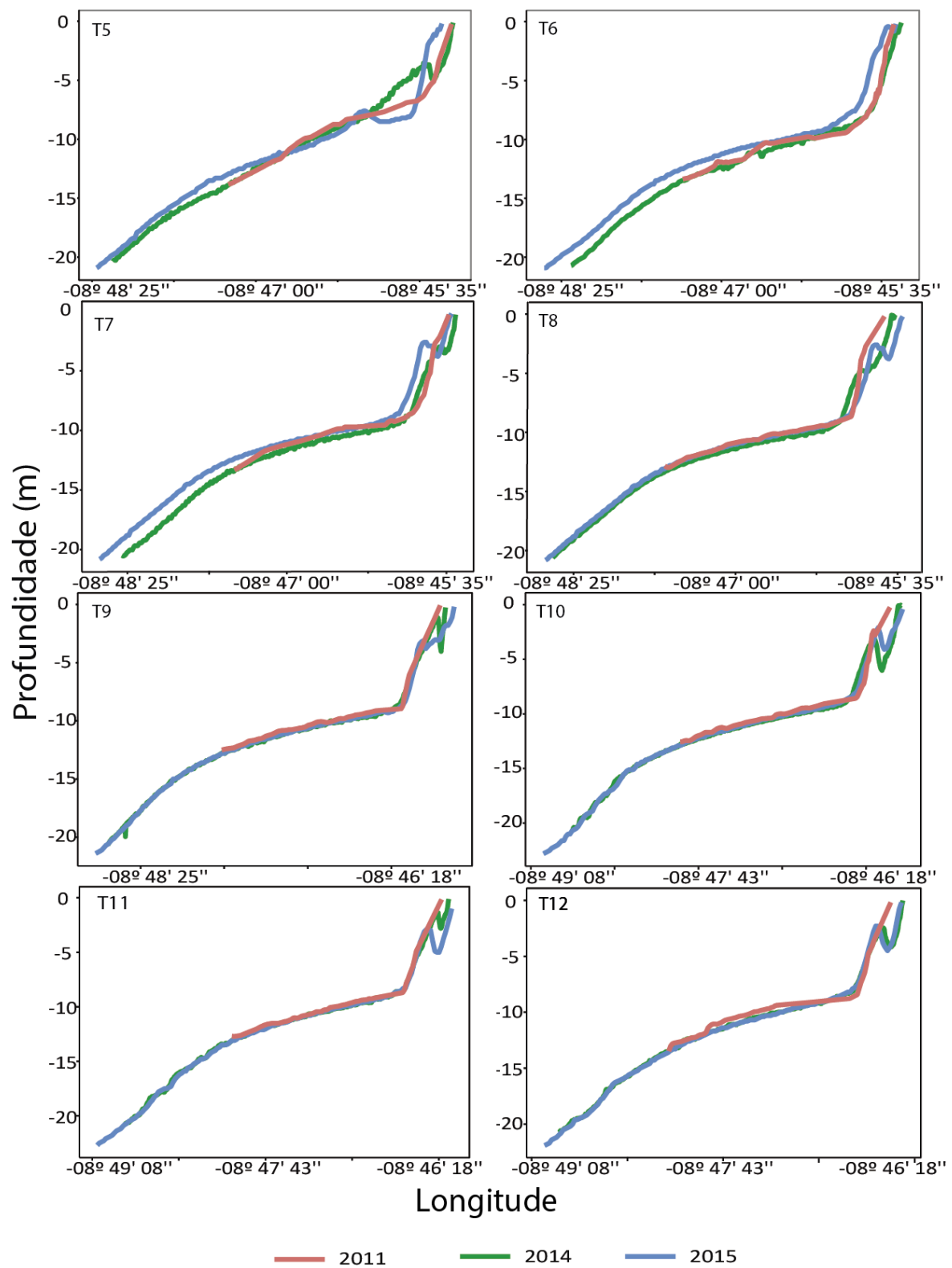
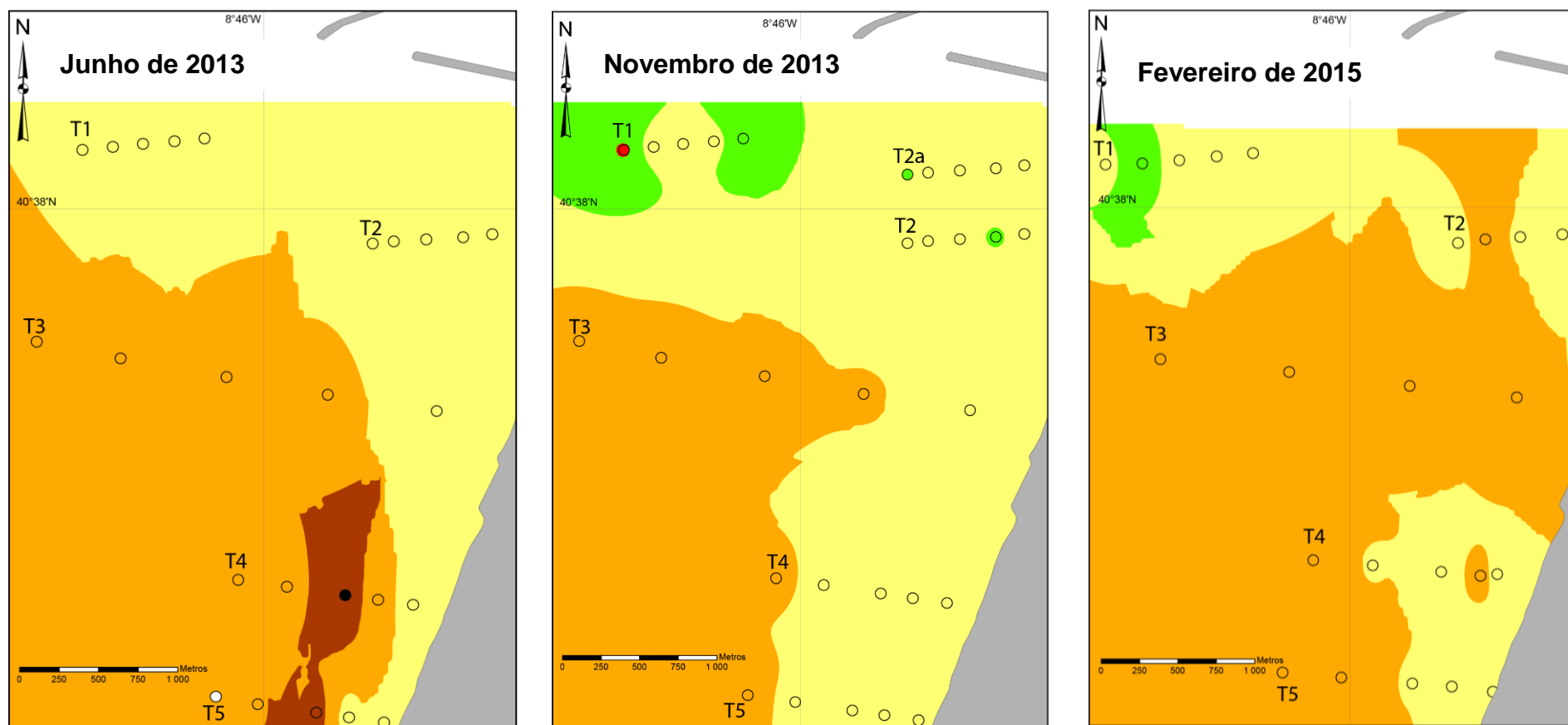


Figura 3. Comparação da evolução batimétrica por transetos (T5 ao T12) entre os anos de 2011, 2014 e 2015.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos pelo método de interpolação IDW para cada ano, sendo a extrapolação das manchas de sedimentos feita usando o tipo sedimentar obtido em cada local de amostragem e de acordo com o modelo matemático base da interpolação. O sedimento da área de estudo é dominado por areia fina e areia média, localizando-se a areia média mais próximo da costa e no canal da entrada da Barra, e areia fina mais ao largo (cf. Figura 4). Pontualmente, foi encontrada vasa no local P3 do transeto T4 na campanha de junho 2013, areia grosseira nos locais P1 do transeto T2a, P4 do transeto T2 na campanha de novembro 2013 e P2 do transeto T1 em 2015 e areia muito grosseira no local P1 do transeto T1 também na campanha de novembro de 2013.

A mancha de areia muito fina encontrada na campanha de junho de 2013 é o resultado do cálculo matemático feito pela IDW, onde é tido em conta a granulometria dos locais vizinhos na elaboração da mancha de distribuição granulométrica. Neste caso, a mancha nunca seria composta por vasa, uma vez que neste modelo os resultados estão sempre entre o valor mínimo e o máximo da mediana usada (unidade de  $\phi$  entre 3 a 4 para areia muito fina e  $>4$  para vasa).



#### Classificação sedimentar







	Areia muito fina		Areia média		Areia muito grosseira
	Vasa		Areia fina		Areia grosseira

Figura 4. Distribuição dos tipos sedimentares obtidos nas campanhas de amostragem de 2013 e 2015. O local P1 do traseito T5 da campanha de junho de 2013 não teve amostragem sedimentar (assinalado a branco).

O resultado da PERMANOVA mostrou que houve diferença significativa granulometria sedimentar entre junho e novembro de 2013, mas não entre as campanhas de junho de 2013 e fevereiro de 2015 (Tabela 4). O fator área apresentou diferença significativa em todas as campanhas. O teste de comparações múltiplas entre áreas mostrou que a granulometria da área dragada foi sempre significativamente diferente das áreas de deposição de dragados e de controle (Tabela 5), é importante salientar que os locais de amostragem da área dragada não se situam próximos da costa e que a variação da profundidade nesses locais é menor, quando comparados com a posição dos locais de amostragem das áreas de deposição de dragados e de controle o que pode justificar as diferenças encontradas.

Tabela 4. Resultados do teste principal da PERMANOVA comparando a granulometria entre as campanhas junho de 2013 (2013/1) e novembro de 2013 (2013/2) e junho de 2013 e fevereiro de 2015. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P < 0,05$ .

<b>Fatores</b>	<b>Df</b>	<b>Pseudo-F</b>	<b>P(MC)</b>
2013/1; 2013/2	1	3,2729	<b>0,047</b>
Áreas	2	4,3089	<b>0,0053</b>
Campanhas x Áreas	2	2,2809	0,0681
Res	46		
2013/1; 2015	1	1,9392	0,1415
Áreas	2	3,5167	<b>0,013</b>
Campanhas x Áreas	2	2,0163	0,0941
Res	43		

Tabela 5. Resultados do teste de comparações múltiplas da granulometria entre as áreas para campanhas de amostragem. AD – Área dragada; AC – Área controle; ADD – Área de deposição de dragados. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P < 0,05$ .

<b>Campanha</b>	<b>Grupos</b>	<b>t</b>	<b>P(MC)</b>
2013/1 e 2013/2	AD, ADD	2,1229	<b>0,0193</b>
	AD, AC	4,5615	<b>0,0003</b>
	ADD, AC	1,4594	0,1257
2013/1 e 2015	AD, ADD	2,1955	<b>0,0137</b>
	AD, AC	2,8762	<b>0,0086</b>
	ADD, AC	0,87152	0,423

## DESCRITORES BIOLÓGICOS

### Amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011

Na campanha de dezembro 2010 – janeiro 2011 foram recolhidos 7561 exemplares, correspondentes a 70 taxa, distribuídas por artrópodes (50%), anelídeos (31%), moluscos (10%), equinodermes (3%), cordados (3%) e outros grupos (3%). A abundância foi dominada pelos anelídeos (59%), seguidos dos artrópodes (29%) e moluscos (11%). A espécie mais abundante foi o anelídeo *Mediomastus fragilis*, com 43% dos indivíduos, seguida do bivalve *Donax vittatus* com 7%.

De modo geral, a abundância (Tabela 6; Figura 5), a riqueza específica (Tabela 6; Figura 6) e o índice de diversidade de Shannon-Wiener (Tabela 6; Figura 7) apresentaram um gradiente crescente com a distância à costa, particularmente nos transetos localizados próximos da costa (T3 a T6). Os transetos localizados na área dragada ou próximos dessa área, mais afastados da costa, não apresentaram este padrão (T1 a T2).

Tabela 6. Média das réplicas por local de amostragem da abundância (N), riqueza específica (S) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a campanha de amostragem de dezembro de 2010 – janeiro de 2011.

Transeto	Local	Abundância (N/0,05 m <sup>2</sup> )	Riqueza específica (S/0,05 m <sup>2</sup> )	H'(bits/ind./0,05 m <sup>2</sup> )
T1	P1	16,2	7,8	2,70
	P2	5,8	4,4	1,99
	P3	4,8	3,8	1,77
	P4	4,2	2,2	1,02
	P5	2,8	2,3	0,79
T1a	P1	22,8	10,8	3,13
	P2	23,0	7,8	2,46
	P3	52,4	10,8	2,91
	P4	28,6	10,8	3,12
	P5	2,6	1,8	0,70
T1b	P1	6,6	3,8	1,70
	P2	3,6	2,0	0,78
	P3	9,4	3,8	1,38
	P4	2,8	1,8	0,58
	P5	4,2	2,2	0,88
T2	P1	9,8	5,8	2,31
	P2	3,0	1,2	0,14
	P3	4,0	2,2	0,89
	P4	8,6	2,4	0,99
	P5	6,5	3,0	1,37
T3	P1	214,0	11,0	1,40

Transeto	Local	Abundância (N/0,05 m <sup>2</sup> )	Riqueza específica (S/0,05 m <sup>2</sup> )	H'(bits/ind./0,05 m <sup>2</sup> )
	P2	122,0	11,0	1,54
	P3	63,0	11,8	2,69
	P4	9,8	5,8	2,36
	P5	4,2	2,0	0,74
<b>T4</b>	P1	53,6	11,4	2,62
	P2	83,4	11,0	2,30
	P3	46,8	7,8	2,08
	P4	6,6	3,2	1,31
	P5	4,8	2,0	0,63
<b>T4a</b>	P1	16,2	6,0	2,14
	P2	36,4	9,6	2,56
	P3	37,0	7,6	1,95
	P4	7,2	3,8	1,62
	P5	5,8	2,4	1,00
<b>T4b</b>	P1	36,2	8,8	2,63
	P2	31,8	8,2	2,01
	P3	16,8	6,8	2,36
	P4	17,2	5,2	1,89
	P5	3,2	1,6	0,69
<b>T5</b>	P1	68,4	9,8	2,31
	P2	17,6	9,0	2,90
	P3	10,8	4,6	1,83
	P4	5,2	2,8	1,13
	P5	6,7	2,7	0,98
<b>T5a</b>	P1	27,6	9,6	2,60
	P2	16,8	7,4	2,49
	P3	6,5	5,0	2,07
	P4	5,0	2,2	1,01
	P5	1,8	1,5	0,48
<b>T5b</b>	P1	66,2	10,6	2,39
	P2	28,0	10,4	2,84
	P3	41,4	7,2	2,11
	P4	4,2	3,2	1,56
	P5	5,2	2,0	0,67
<b>T6</b>	P1	94,2	12,0	2,15
	P2	42,2	9,6	2,07
	P3	18,4	7,2	2,63
	P4	8,4	4,8	1,91
	P5	5,3	4,5	2,10



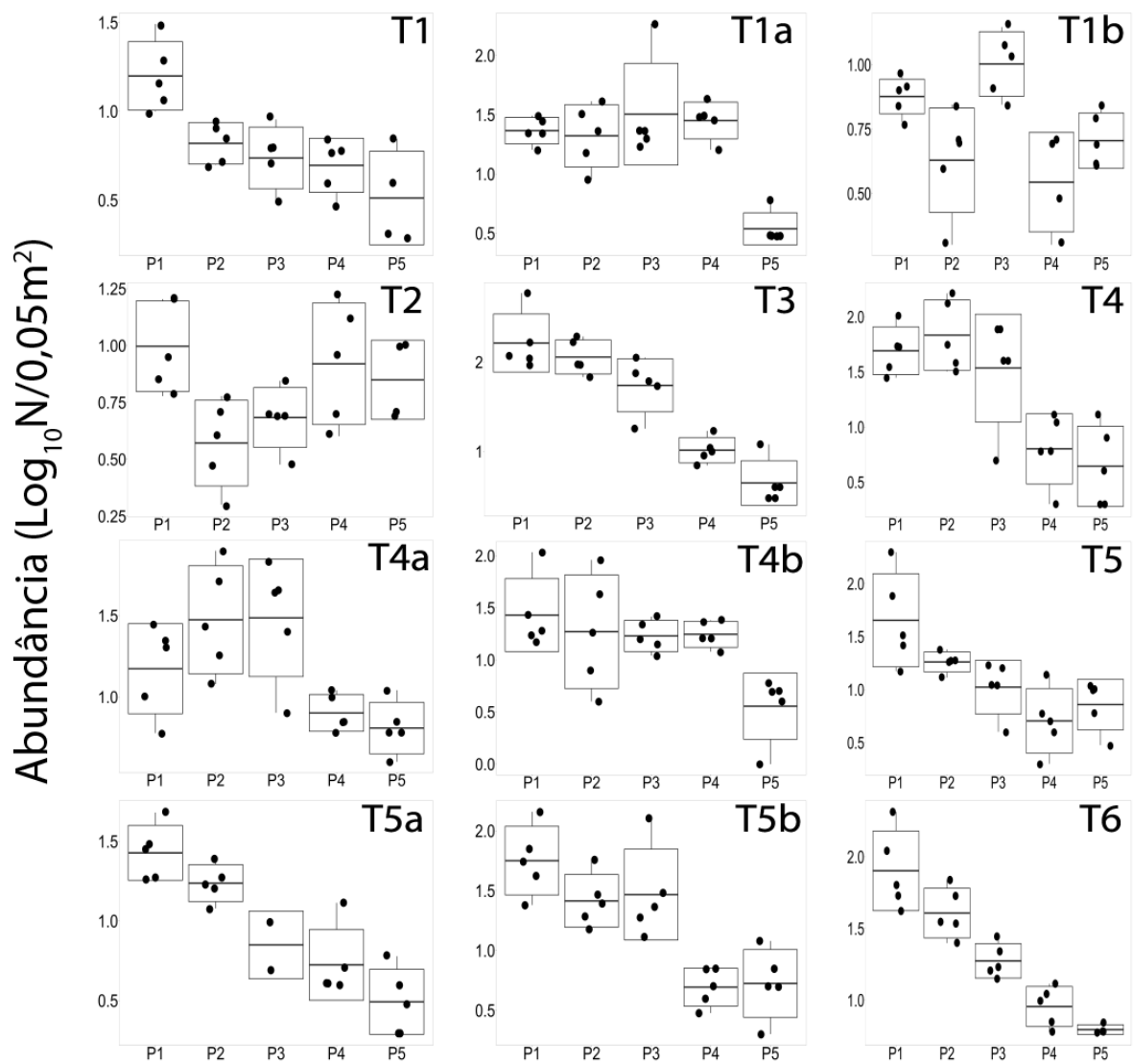


Figura 5. Representação da distribuição da abundância por transeito e local de amostragem na campanha de amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 a T1b – área dragada; T2, T3 e T6 – área de controlo; T4 a T5b – área de deposição de dragados. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

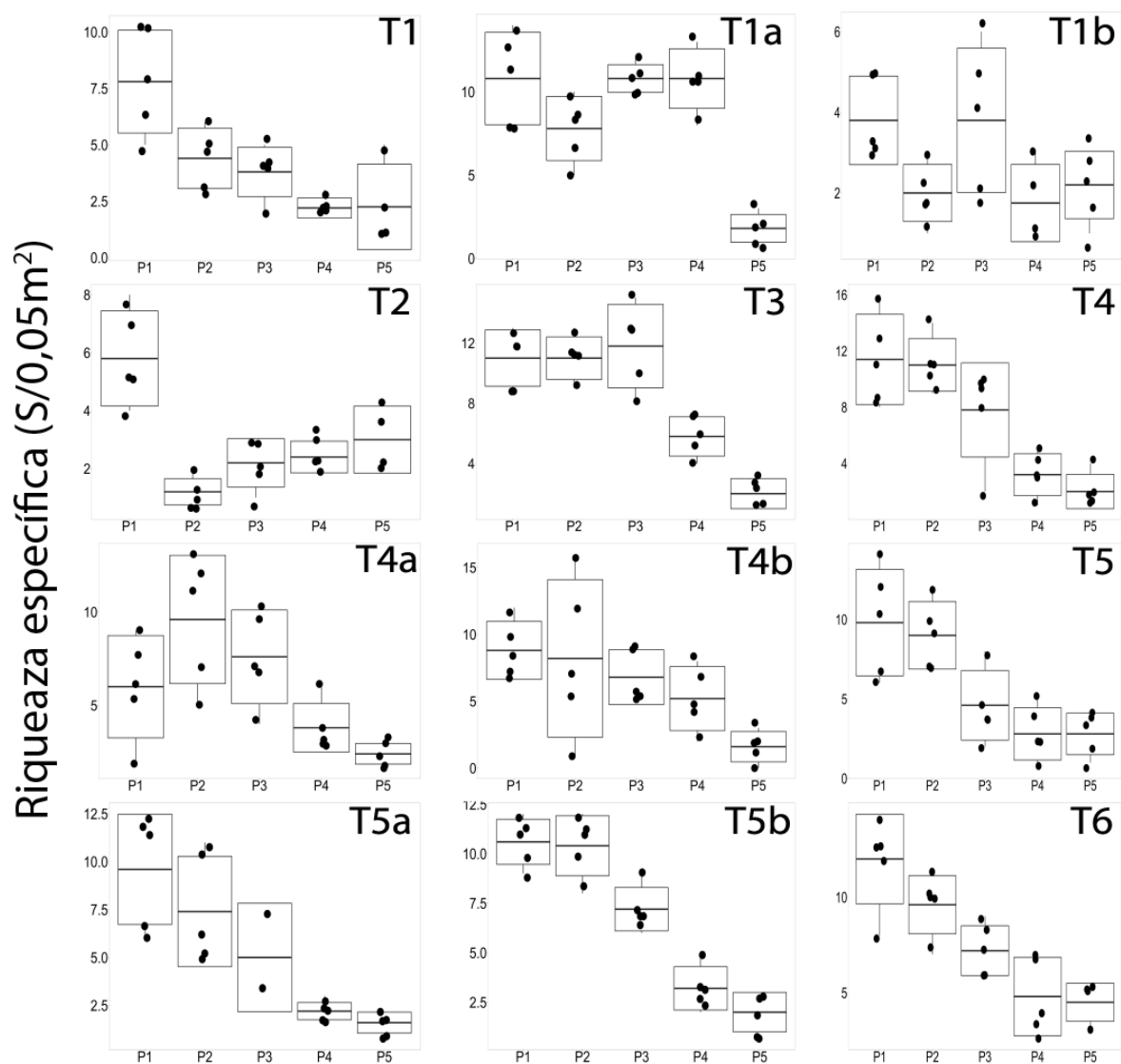


Figura 6. Representação da distribuição da riqueza específica por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 a T1b – área dragada; T2, T3 e T6 – área de controlo; T4 a T5b – área de deposição de dragados. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

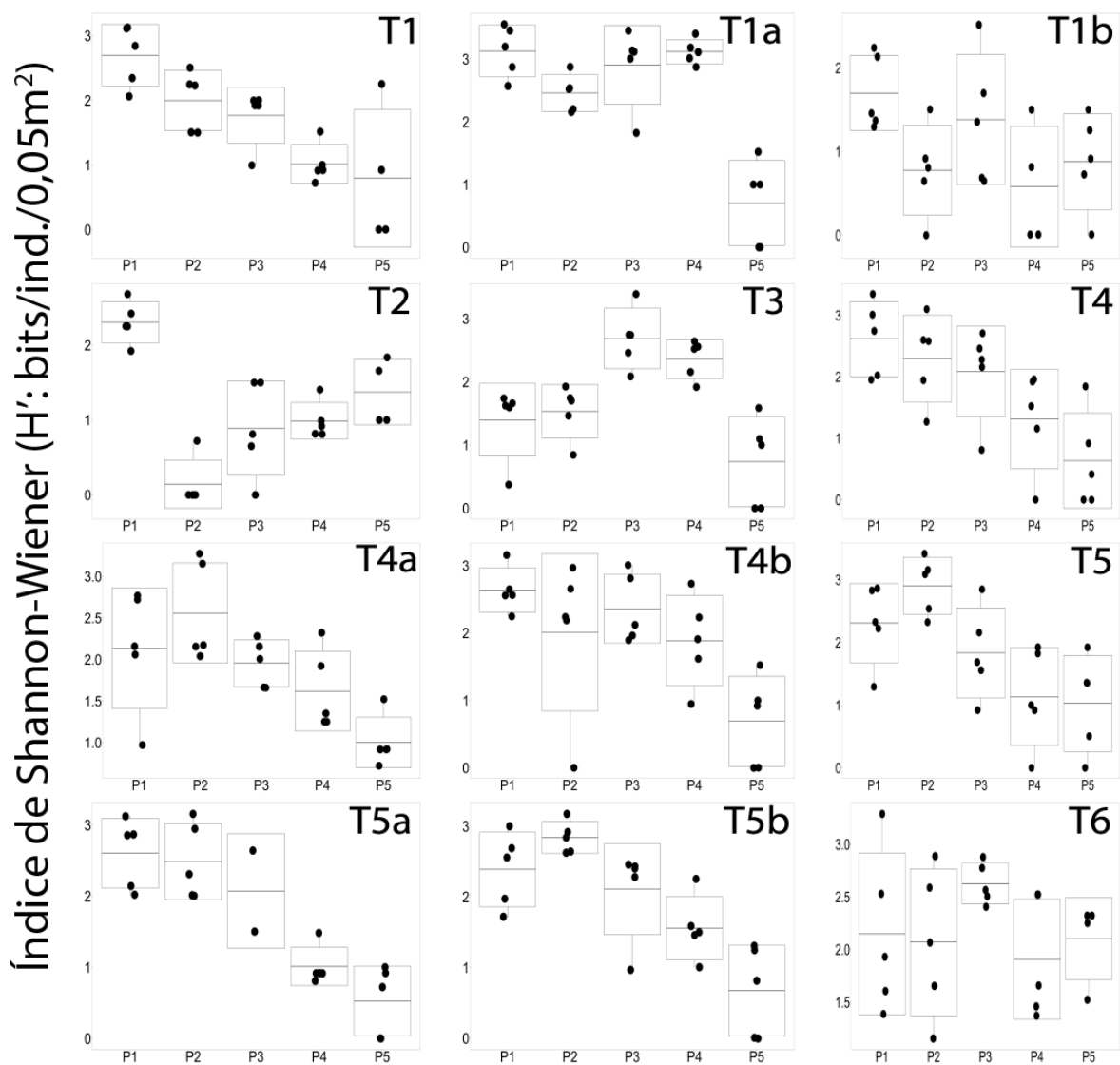


Figura 7. Representação da distribuição do índice de diversidade Shannon-Wiener por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de dezembro 2010 – janeiro 2011 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 a T1b – área dragada; T2, T3 e T6 – área de controlo; T4 a T5b – área de deposição de dragados. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

A Figura 8 apresenta a análise de ordenação por nMDS da matriz de similaridade de Bray-Curtis relativa aos dados de abundância da campanha de dezembro 2010 – janeiro 2011, representando as várias áreas (dragada, deposição de dragados e controlo). A repartição dos locais de amostragem no nMDS não mostrou uma relação evidente com as áreas de estudo (dragada, deposição de dragados e controlo), mas sim com a distância dos locais de amostragem à costa.

A representação da riqueza específica (S) sobre a figura da análise de ordenação confirmou o padrão observado, com um aumento gradual da riqueza de acordo com o distanciamento à costa (Figura 8). Ao realizar a mesma representação, separadamente para as áreas dragada e respetivo controlo, localizadas na embocadura da Barra (Figura 8 - C) e para as áreas de deposição de dragados e respetivo controlo, localizado mais próximo da costa (Figura 8 - B) observou-se que este padrão foi mais claro nos transetos mais próximas da costa.

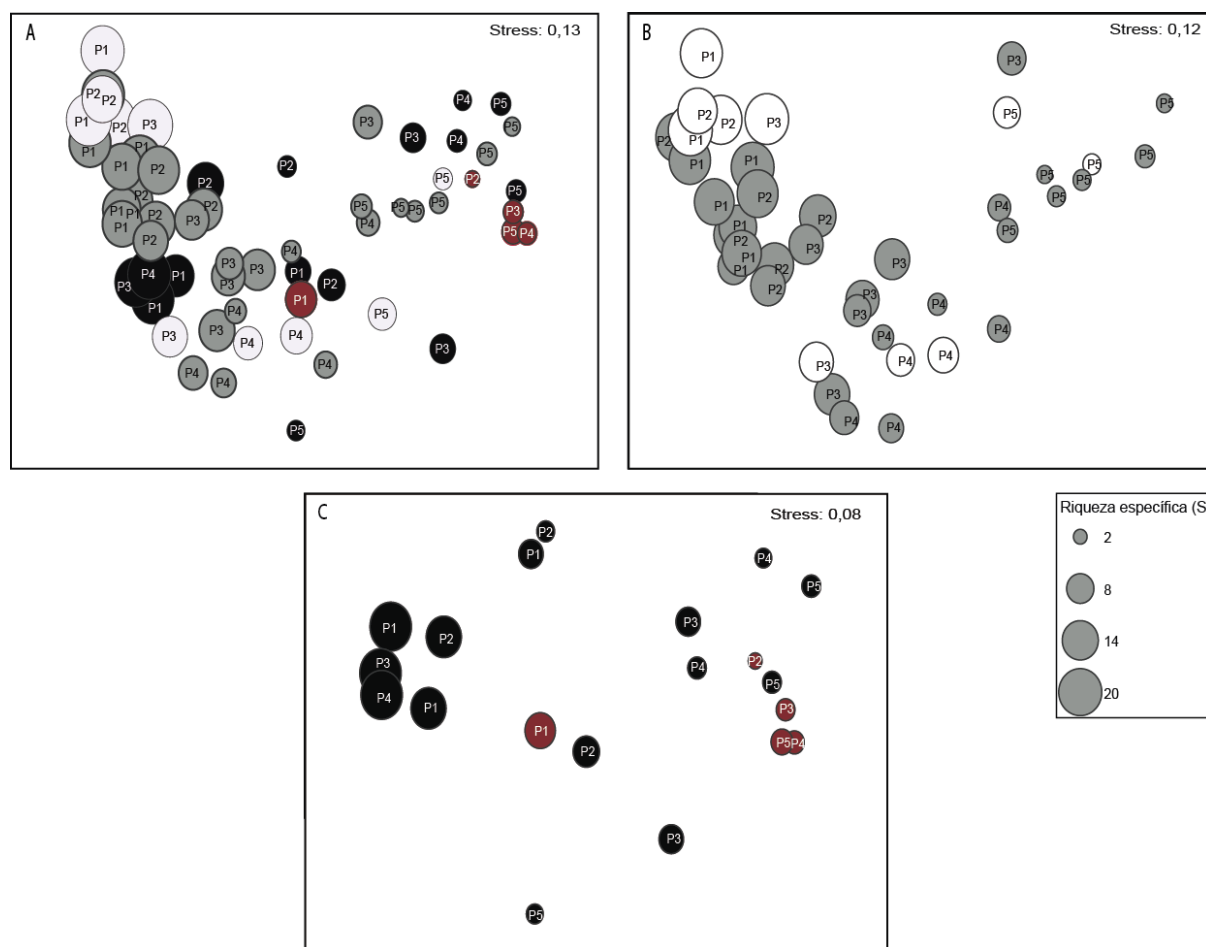


Figura 8. Representação da riqueza específica (S) sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de dezembro 2010 – janeiro 2011. A - Com todas as áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e a área controlo da deposição de dragados (branco). C - Com os locais da área dragada (preto) e da respetiva área controlo (vermelho).

De modo geral, os locais mais próximos à costa (P5) foram dominados pelas espécies *Gastrosaccus spinifer* e *Scolelepis (Scolelepis) squamata* (Figura 9). Por sua vez, os locais mais distantes à costa (P2 e P3) foram dominados pelas espécies *Glycera tridactyla*, *Magelona johnstoni* e *Mediomastus fragilis*. Entretanto, espécies como *Donax vittatus* e *Eurydice spinigera* apresentaram uma distribuição mais ampla, apesar de aparecerem com maior predominância nos locais intermediários e mais distantes à costa.

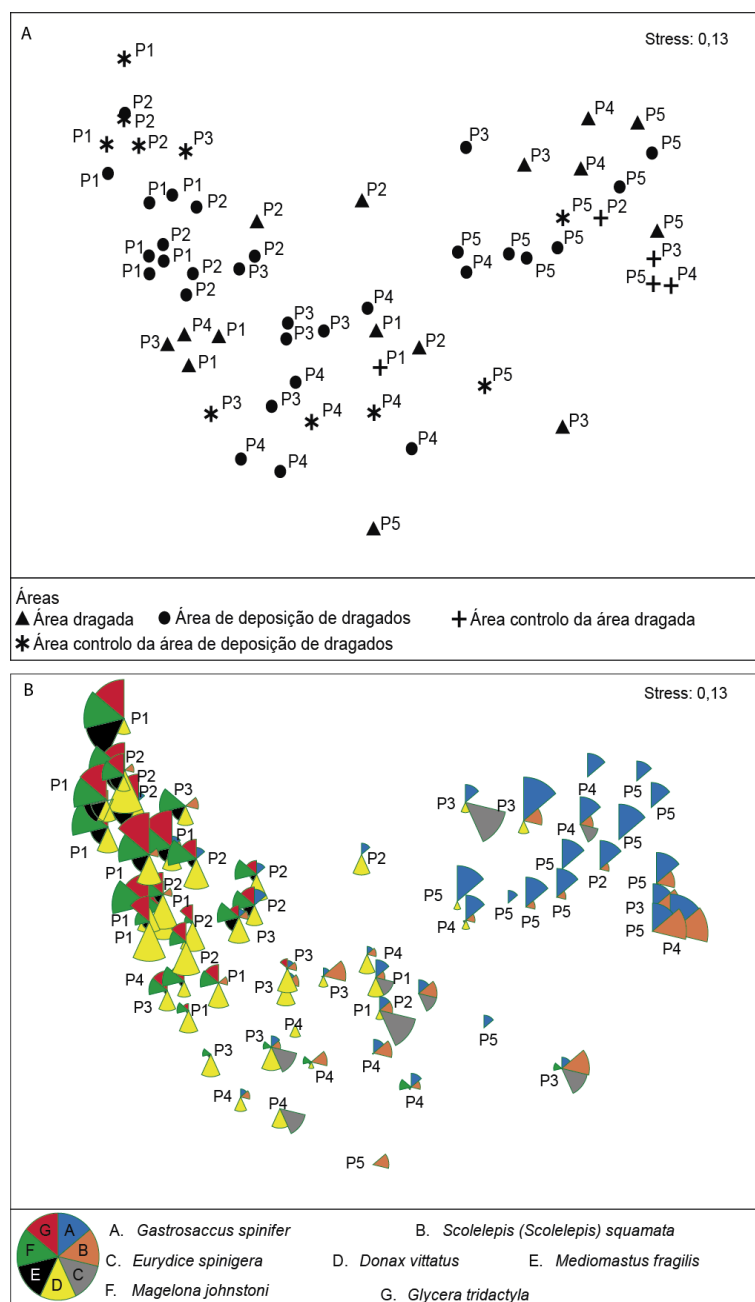


Figura 9. Análise de ordenação por nMDS relativa aos dados de abundância das espécies na campanha de dezembro 2010 – janeiro 2011. A) representação das áreas de estudo; B) representação da abundância das espécies selecionadas, mostrando a sua repartição preferencial junto à costa (P4 e P5) ou mais ao largo (P1 e P2).

### **Amostragens de junho e novembro de 2013**

Em junho de 2013 foram amostrados 4918 indivíduos, correspondentes a 68 taxa. Os anelídeos foram o filo com maior representação em relação à abundância e riqueza específica com 56% e 37%, respetivamente. Os artrópodes e os moluscos foram respetivamente o segundo e o terceiro filós com maior representatividade. O anelídeo *Mediomastus fragilis* foi a espécie mais abundante (26%), seguida do anelídeo *Lanice conchilega* (15%) e do bivalve *Donax vittatus* (11%).

A abundância, riqueza específica e índice de diversidade de Shannon-Wiener variaram ao longo das 25 estações (Tabela 7; Figuras 10, 11 e 12). Tal como na campanha de amostragem de dezembro de 2010 – janeiro de 2011, a abundância e a riqueza específica apresentaram um gradiente crescente dos locais mais próximos para os locais mais distantes da costa, particularmente visível nos transetos localizados nas áreas controlo e deposição de dragados, ou seja, nos transetos com locais de amostragem que vão até à costa. O índice de diversidade de Shannon-Wiener apresentou valores com distribuição mais irregular, apesar dos locais P5, juntos à costa, apresentarem, sempre, valores mais baixos. A área dragada não apresentou nenhum tipo de padrão, mantendo as características observadas na campanha de 2010. O transeto desta área não se situa junto à costa (cf. Figura 1).

Tabela 7. Média das réplicas por local de amostragem da abundância (N), riqueza específica (S) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para as campanhas de amostragem de junho e novembro de 2013.

Transeto	Local	Abundância (N/0,2m <sup>2</sup> )		Riqueza específica (S/0,2m <sup>2</sup> )		H'(bits/ind./0,2 m <sup>2</sup> )	
		Junho	Novembro	Junho	Novembro	Junho	Novembro
T1	P1	6,2	77,6	3,4	7,6	1,47	2,32
	P2	4,4	24,6	2,2	6,8	0,88	2,24
	P3	10,3	28,4	1,7	6,0	0,29	2,06
	P4	11,8	61,6	1,4	7,6	0,29	2,13
	P5	11,4	239,0	3,0	8,6	1,04	1,70
T2a	P1	-	54,6	-	6,6	-	2,16
	P2	-	6,0	-	4,4	-	2,01
	P3	-	3,8	-	2,4	-	1,05
	P4	-	6,2	-	3,8	-	1,55
	P5	-	12,0	-	5,0	-	1,78
T2	P1	6,8	5,4	4,4	3,4	1,78	1,61
	P2	4,2	5,6	2,6	3,2	1,13	1,45
	P3	5,2	5,8	3,4	2,5	1,40	0,89
	P4	7,8	12,6	4,2	3,6	1,58	1,29
	P5	2,0	1,3	2,0	1,0	0,83	0,00
T3	P1	18,8	135,0	7,6	14,8	2,47	2,54
	P2	13,6	109,0	8,6	14,0	2,66	2,77
	P3	17,4	16,0	3,8	6,2	1,37	2,26
	P4	4,4	6,0	2,4	3,2	1,06	1,32
	P5	5,4	2,0	3,0	1,8	1,41	0,70
T4	P1	268,0	150,4	13,8	13,6	2,23	2,80
	P2	120,6	8,6	13,8	6,2	2,72	2,30
	P3	83,4	6,6	14,6	4,4	2,24	1,88
	P4	19,8	3,0	6,4	2,2	2,19	0,78
	P5	13,2	3,8	2,0	1,5	0,33	0,43
T5	P1	128,8	98,2	14,0	10,0	2,55	1,99
	P2	116,2	11,4	17,4	6,4	3,04	2,30
	P3	92,6	12,6	16,8	6,0	3,06	2,21
	P4	12,2	4,0	6,0	2,5	2,27	1,28
	P5	3,2	3,5	3,0	3,0	1,50	1,25

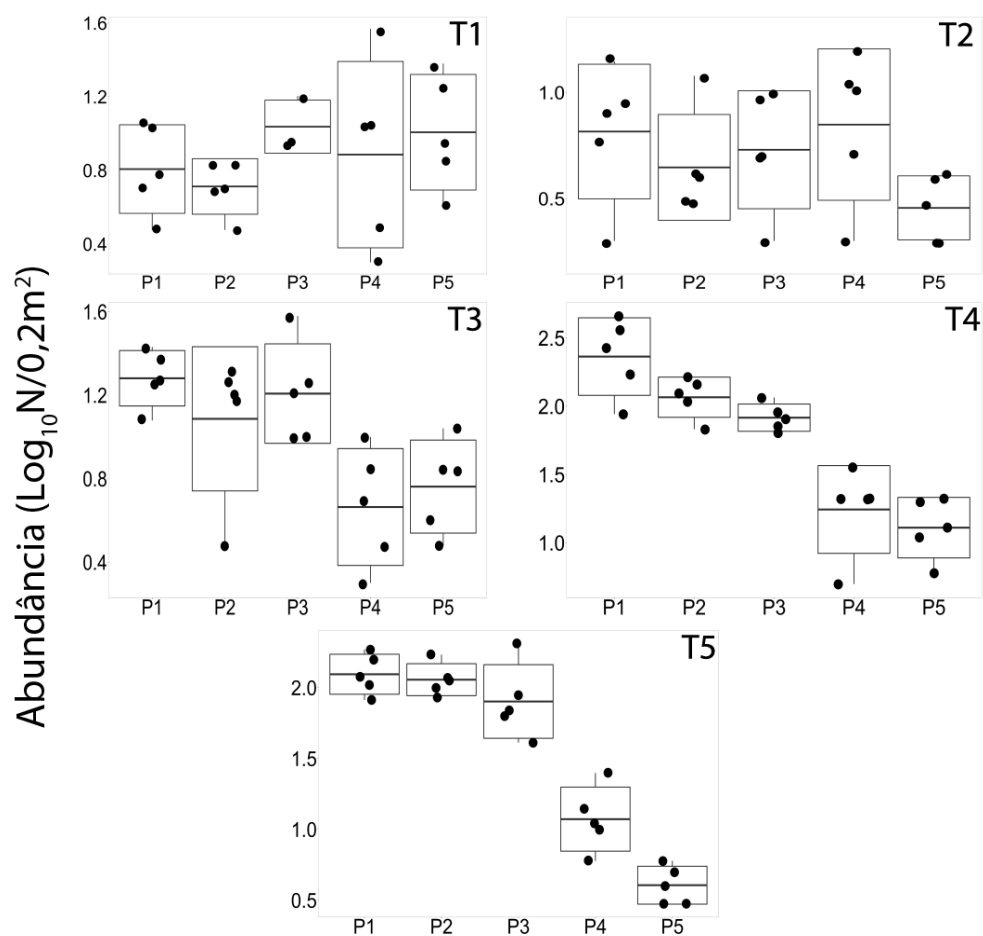


Figura 10. Representação da distribuição da abundância por transeito e local de amostragem na campanha de amostragem de junho de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.



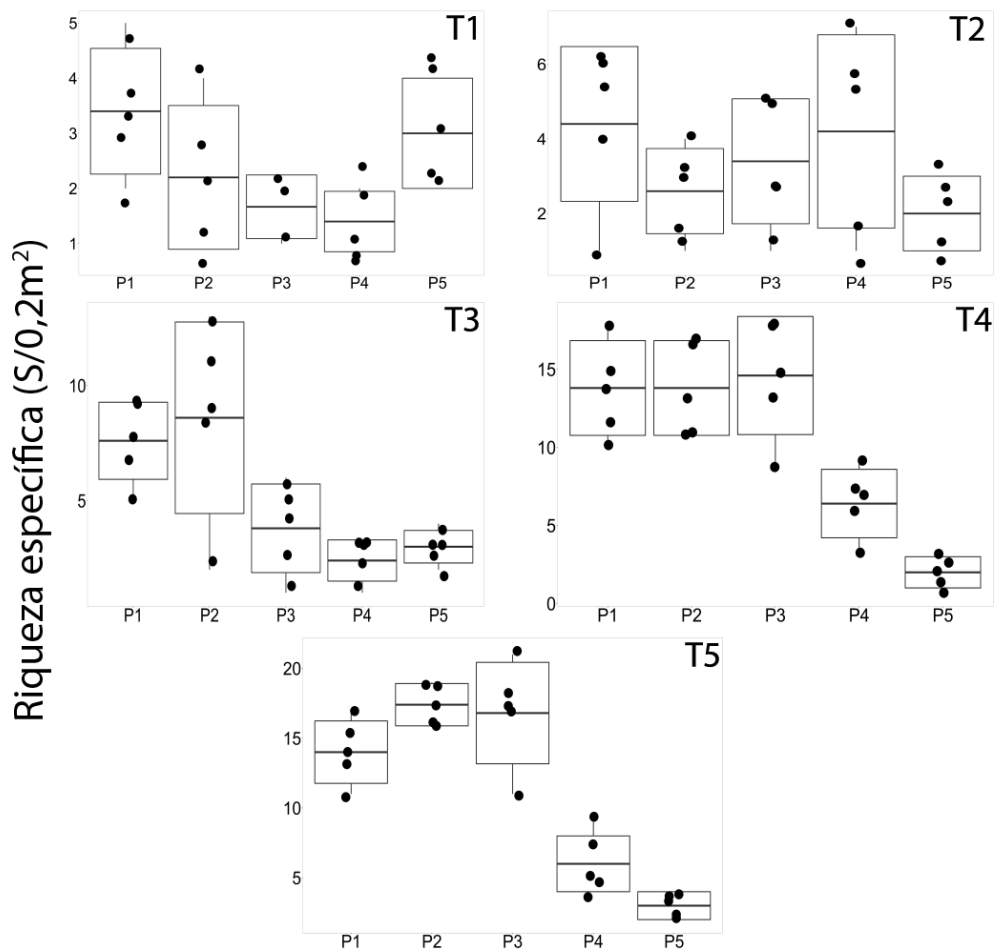


Figura 11. Representação da distribuição da riqueza específica por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de junho de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

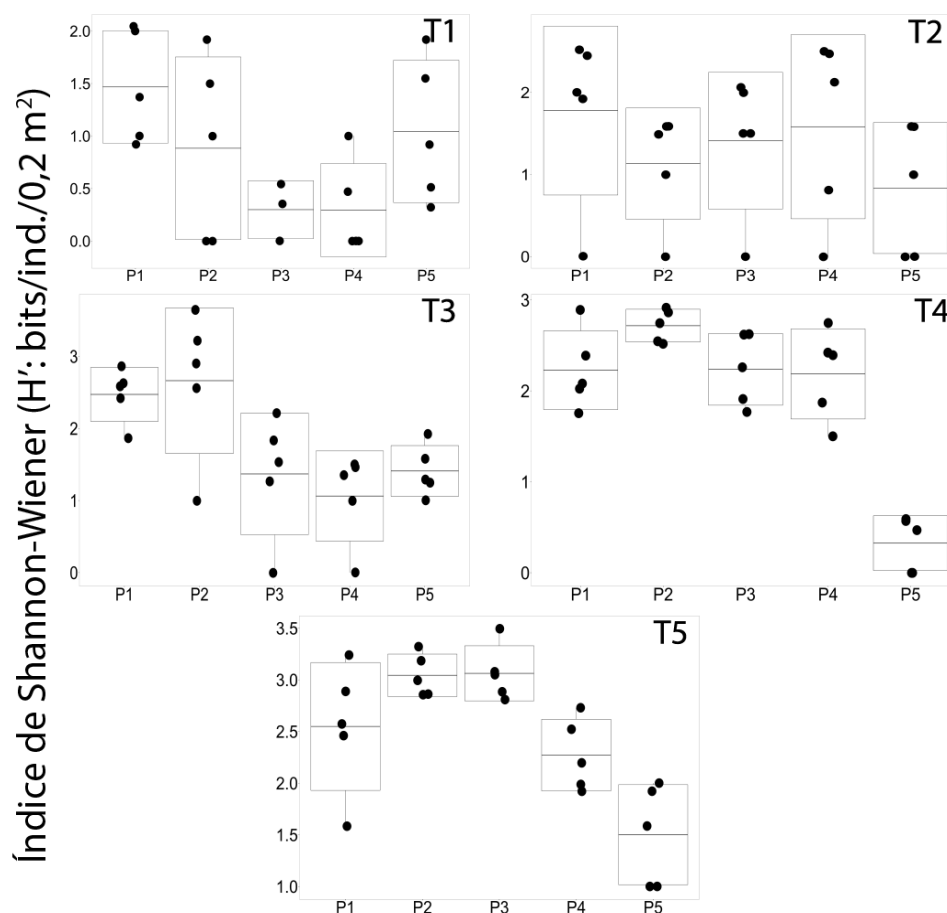


Figura 12. Representação da distribuição do índice de diversidade de Shannon-Wiener por transecto e local de amostragem na campanha de amostragem de junho de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controle. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

A Figura 13 apresenta a análise de ordenação por nMDS da matriz de similaridade de Bray-Curtis relativa aos dados de abundância de espécies da campanha de junho de 2013. A organização dos locais de amostragem na análise de ordenação evidenciou o agrupamento dos locais mais distantes da costa da área de deposição de dragados dos transetos T4 e T5 (conjunto de seis locais mais à esquerda na Figura 13) e, ainda, a proximidade existente entre os locais da área dragada e com o local P5 da área de deposição de dragados.

Tal como na campanha de dezembro de 2010 – janeiro de 2011, a repartição das amostras ao longo da dimensão horizontal do nMDS apresentou uma boa relação com a riqueza específica (S). A sua representação sobre a figura de ordenação da matriz de abundância das espécies (Figura 13) indicou que os locais mais distantes

da costa apresentaram maior riqueza específica, com destaque para os locais dos transetos de deposição de dragados, T4 e T5 (Figura 13 – B). O mesmo padrão não foi observado nos locais da área dragada (Figura 13 – C), os quais apresentaram alguns dos menores valores de riqueza específica.

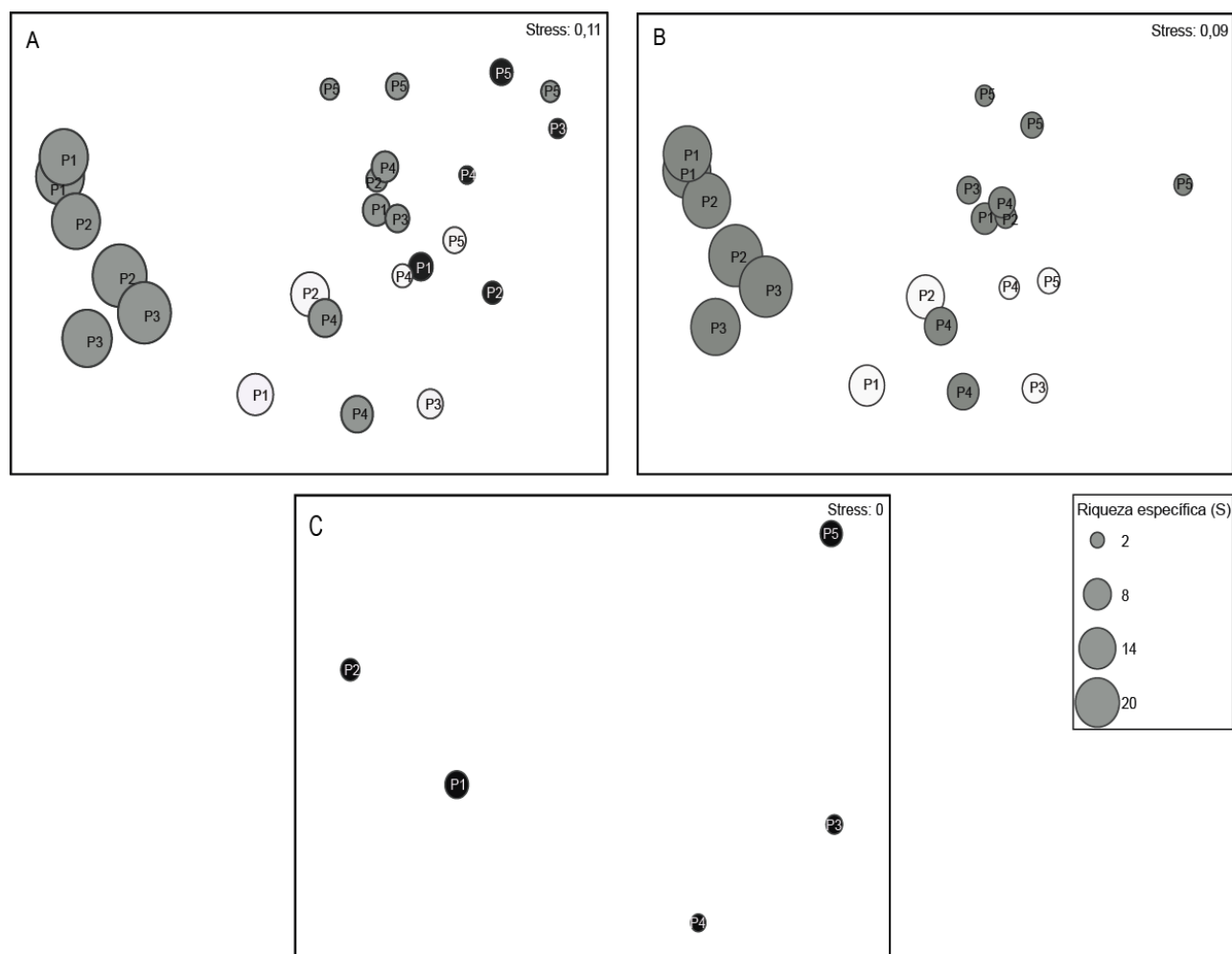


Figura 13. Representação da riqueza específica sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de junho de 2013. A - Com todas áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e a área controle (branco). C - Com os locais da área dragada (preto).

*Gastrosaccus spinifer* foi a espécie dominante nos locais com areia média, localizados na área dragada e no local P5 do transeto T4 (Figura 14). As espécies *Magelona johnstoni*, *Lanice conchilega* e *Mediomastus fragilis* foram dominantes nos locais mais distantes da costa nos transetos T4 e T5 caracterizados por areia fina. *Donax vittatus* foi a espécie dominante no local com vasa. A espécie *Nephtys cirrosa* foi dominante nos locais com areia média localizados nos transetos próximos à costa

e nos locais de areia fina próximos dos locais com areia média. Por sua vez, *Eocuma dollfusi* foi dominante nos locais próximos à costa entre os transetos T3 e T5, com uma variação do tipo sedimentar entre areia média e muito fina.

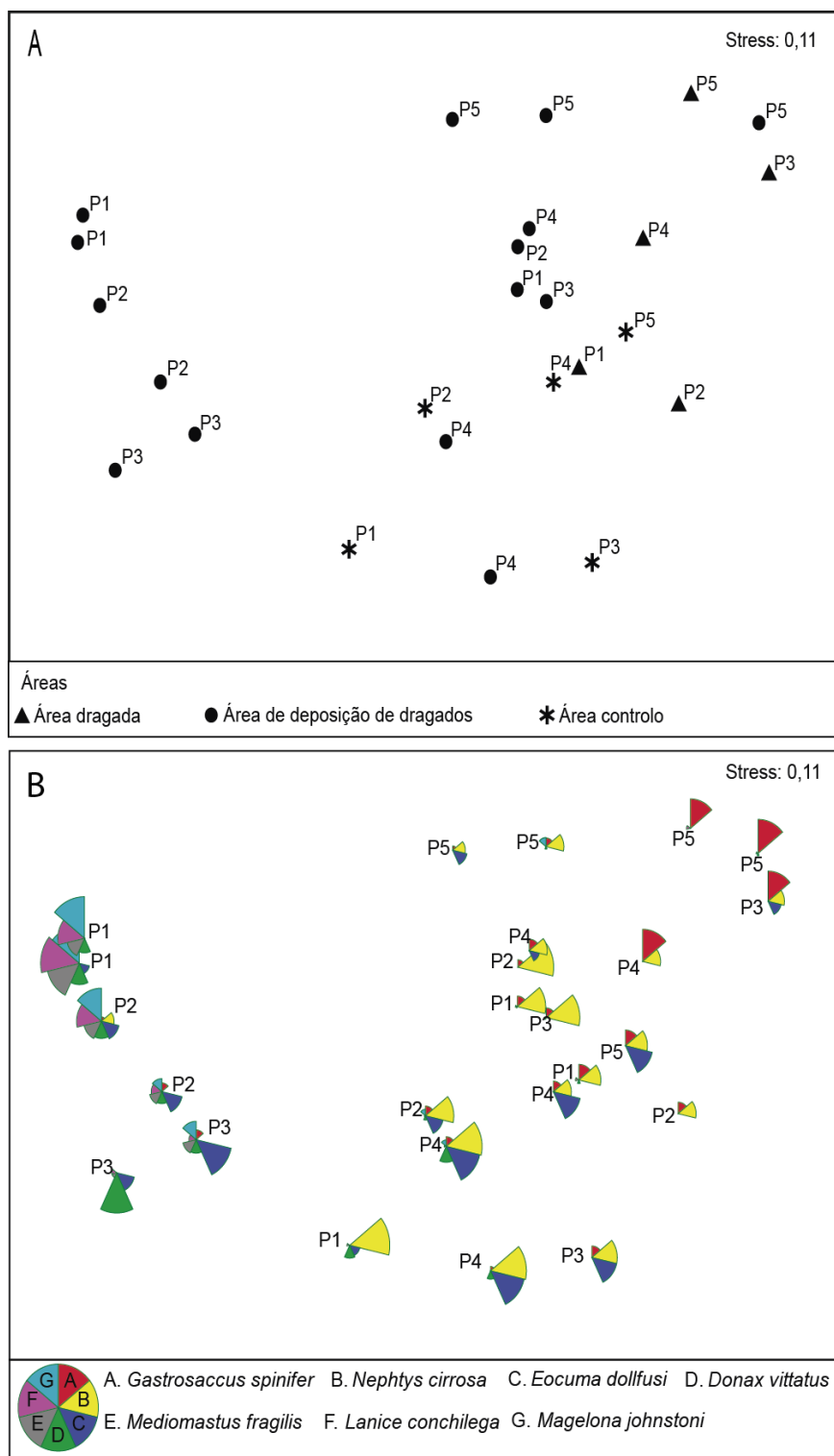


Figura 14. Análise de ordenação por nMDS relativa aos dados de abundância das espécies na campanha de junho de 2013. A) representação das áreas de estudo; B) representação da abundância de espécies selecionadas, mostrando a sua repartição preferencial junto à costa (P4 e P5) ou mais ao largo (P1 e P2).

Em novembro de 2013 foram capturados 5363 indivíduos, distribuídos por 65 taxa. O filo com maior riqueza específica, tal como na primeira campanha de 2013, foi o dos anelídeos (43%), seguido pelos artrópodes (29%) e pelos moluscos (20%). No que tange à abundância, os anelídeos também foram os mais abundantes (52%), seguidos pelos moluscos (22%), nematodes (10%) e artrópodes (9%). As espécies mais abundantes foram o anelídeo *Pisione remota* (20%) e o bivalve *Donax vittatus* (12%).

Nesta campanha, de modo geral, foi possível observar um padrão de diminuição da abundância e riqueza específica com o aumento da proximidade da costa (sentido P1 - P5, Tabela 7; Figuras 15 e 16), evidenciado nos transetos T3, T4 e T5. O local P1 desses transetos e o local P2 do transeto T3 apresentaram valores superiores em relação aos demais, tanto de abundância como de riqueza específica. Finalmente, apenas o transeto T1 apresentou um padrão divergente em relação aos demais, com maior abundância no ponto P5 em relação ao P1. Este padrão foi semelhante ao verificado nas campanhas de amostragem anteriores.

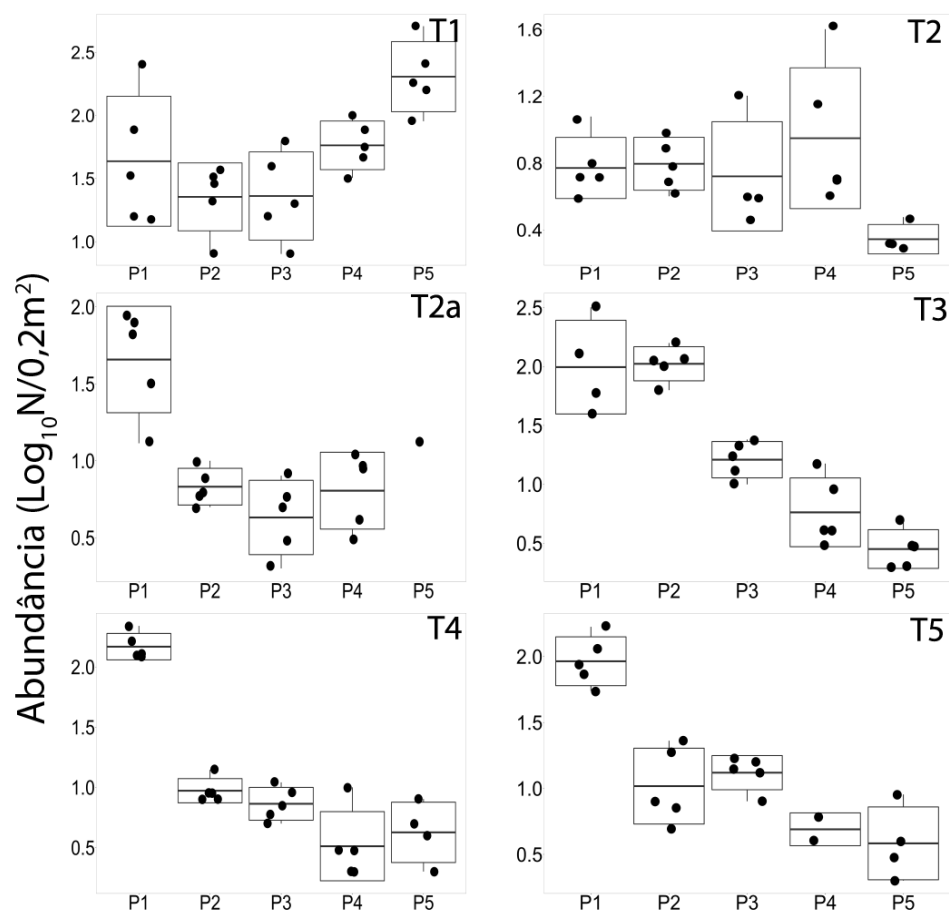


Figura 15. Representação da distribuição da abundância por transeto e local de amostragem na campanha de amostragem de novembro de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T2a, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

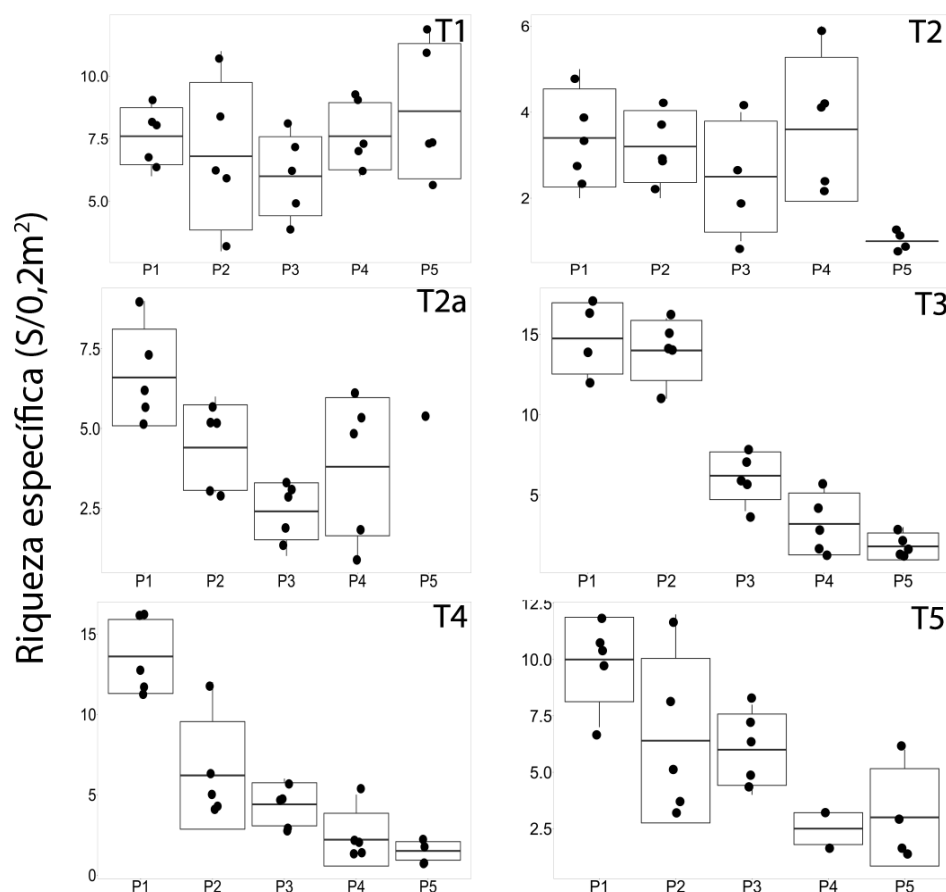


Figura 16. Representação da distribuição da riqueza específica por transeito e local de amostragem na campanha de amostragem de novembro de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T2a, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controle. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

O Índice de Diversidade de Shannon-Wiener não apresentou a mesma tendência encontrada na abundância e na riqueza específica. No sentido P1 - P5 este índice apenas diminuiu nos transetos T3 e T4 (Tabela 7; Figura 17).

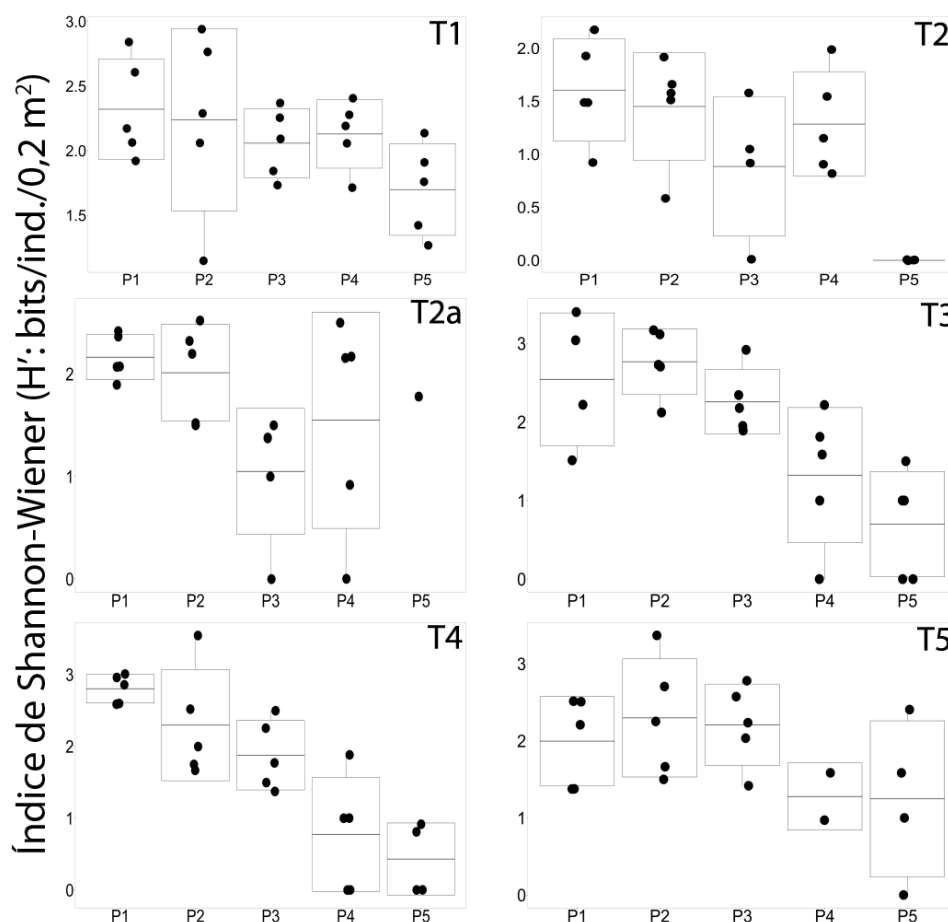


Figura 17. Representação da distribuição do índice de diversidade Shannon-Wiener por transeito e local de amostragem na campanha de amostragem de novembro de 2013 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T2a, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

A Figura 18 apresenta a análise de ordenação por nMDS da matriz de similaridade de Bray-Curtis relativa aos dados de abundância da campanha de novembro de 2013. Foi possível observar que a organização dos locais de amostragem no MDS evidenciou a existência de três grupos, com os locais mais distantes da costa (P1 e P2) dos transetos de deposição de dragados T4 e T5 num grupo, os locais da área dragada num outro grupo e ainda um outro grupo com os restantes locais.

A representação da riqueza específica ( $S$ ) na análise de ordenação (Figura 18) mostrou que a riqueza aumenta de acordo com o distanciamento à costa, este padrão não foi observado na área dragada (Figura 18 – B e C). Embora, neste caso a repartição da riqueza específica não tenha definido o eixo horizontal, mas sim o eixo



vertical, mostrando uma alteração em relação às campanhas anteriores. A área dragada apresentou valores maiores de riqueza específica em comparação aos encontrados na campanha de junho e ainda uma baixa variação desses valores entre os locais dessa área. A composição da comunidade foi diferente das demais áreas da mesma campanha, caracterizada por espécies características de sedimentos grosseiros.

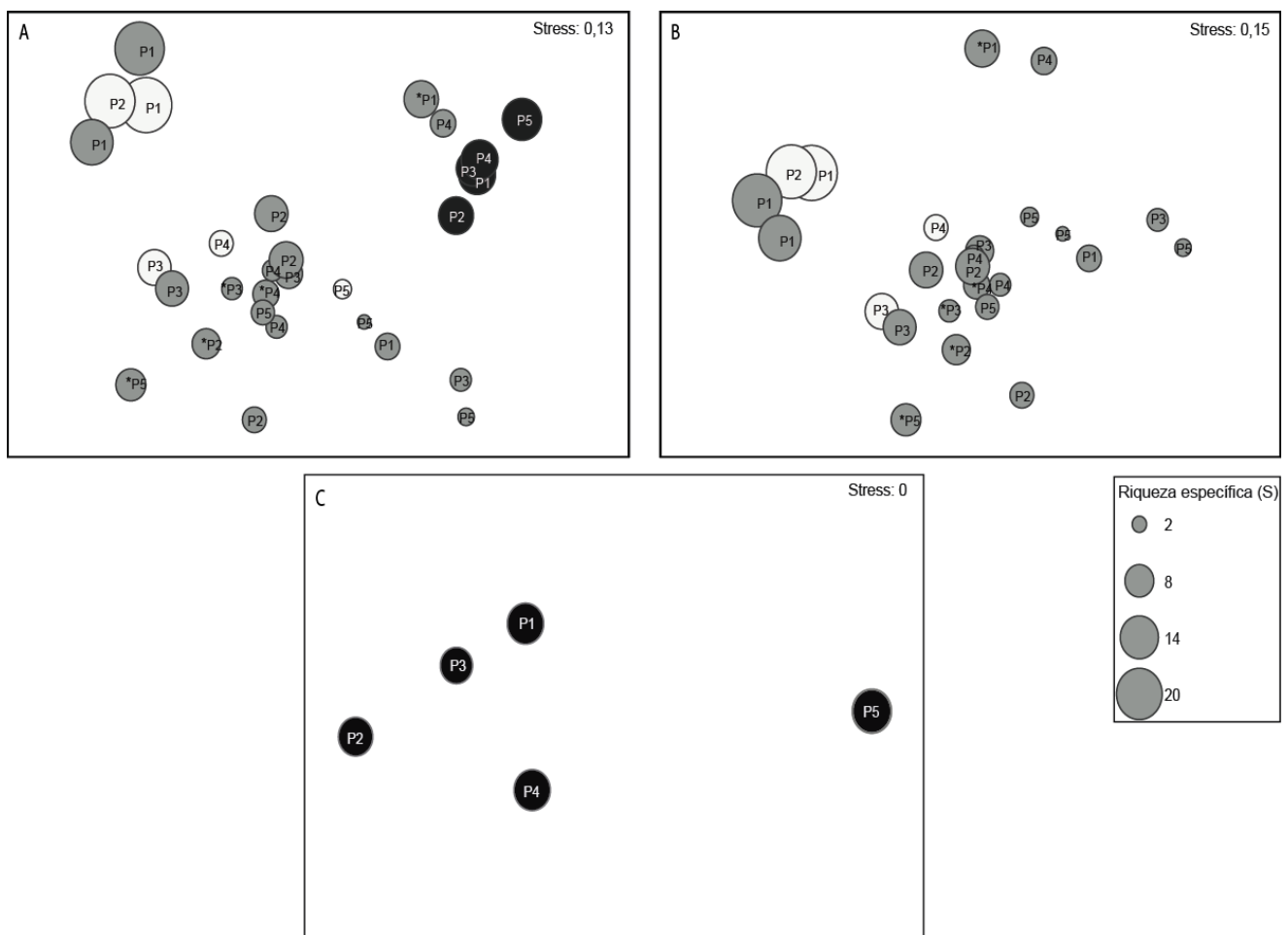


Figura 18. Representação da riqueza específica sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de novembro de 2013. A - Com todas áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e área controle (branco). C - Com os locais da área dragada (preto).

A espécie *Donax vittatus* foi dominante nos locais mais distantes da costa dos transetos T3, T4, T5, onde o sedimento foi predominantemente composto por areia fina. *Pisone parapari*, *Pisone remota* e *Gastrosaccus spinifer* foram as espécies dominantes na área dragada e nos locais com areia grosseira dos transetos T2 e T2a.

A espécie *Eurydice naylori* foi dominante nos locais de areia média, mais próximos à costa enquanto que as espécies *Portumnus latipes* e *Diogenes pugilator* apresentaram uma distribuição nos locais com areia fina e areia média ao longo dos transetos das áreas controle e deposição de dragados (Figura 19 - A e B).

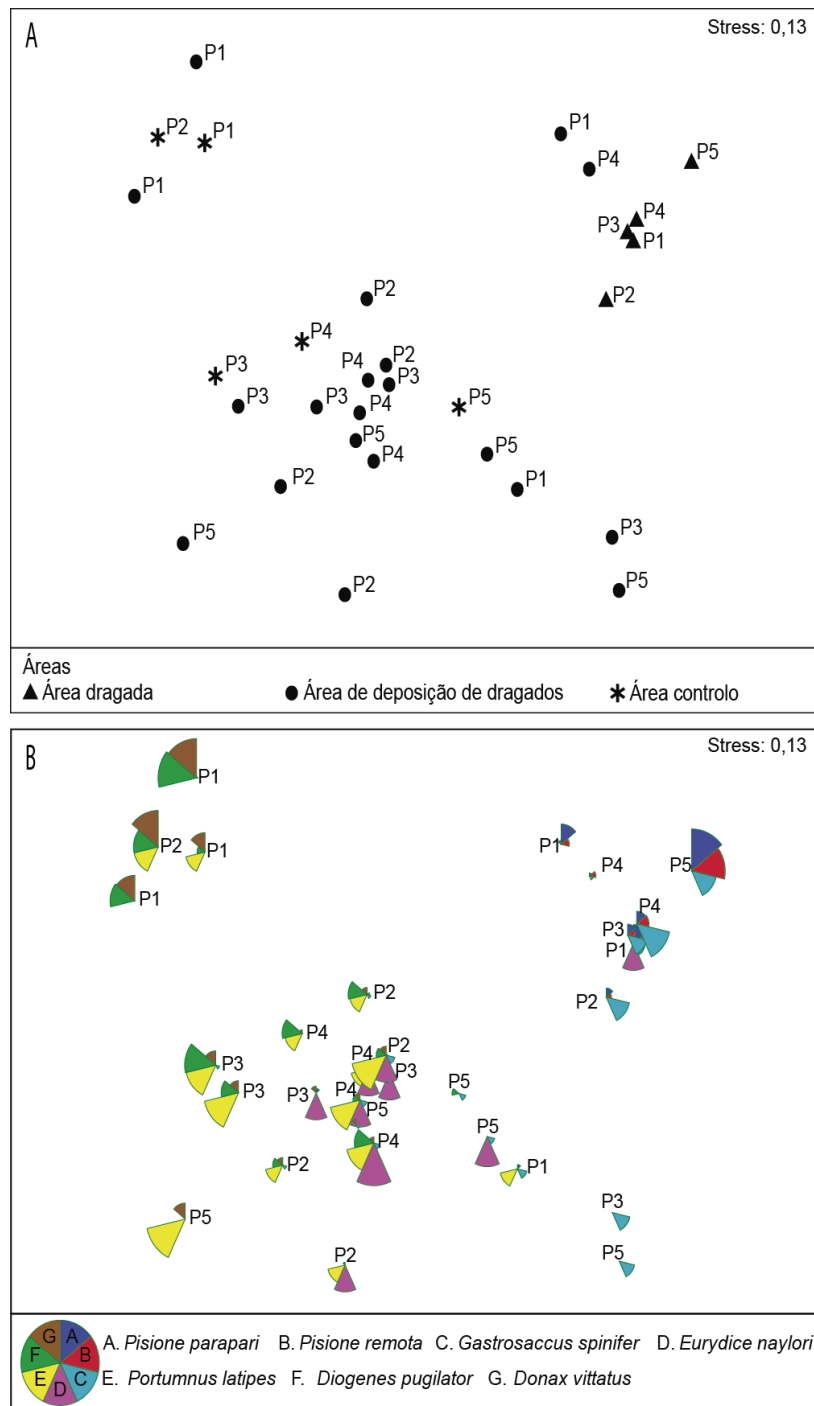


Figura 19. Análise de ordenação por nMDS relativa aos dados de abundância das espécies na campanha de novembro de 2013. A) representação das áreas de estudo; B) representação da abundância das espécies selecionadas, mostrando a sua repartição preferencial junto à costa (P4 e P5) ou mais ao largo (P1 e P2).

## Comparação entre as campanhas de amostragem de 2013

A comparação estatística entre os dados obtidos nas campanhas de junho e novembro de 2013 (Tabela 8), mostrou uma interação significativa entre os fatores campanhas e áreas de amostragem (dragada, deposição de dragados e controlo). As comparações múltiplas indicaram que a área dragada foi significativamente diferente entre essas campanhas (Tabela 9), apresentando valores médios de riqueza específica e abundância bastante distintos, nomeadamente  $S=4,8/0,2 \text{ m}^2$  e  $N=8,7 \text{ ind}/0,2 \text{ m}^2$  em junho e  $S=11,2/0,2 \text{ m}^2$  e  $N=62,6 \text{ ind}/0,2 \text{ m}^2$  em novembro. Por outro lado, as comparações múltiplas entre áreas de cada campanha indicaram que a área dragada foi significativamente diferente das áreas de deposição de dragados e controlo (Tabela 10).

Tabela 8. Resultados do teste global de PERMANOVA entre as campanhas de junho e novembro de 2013.

Fatores	df	Pseudo-F	P(MC)
<b>Campanhas</b>	1	3,3241	<b>0,0048</b>
<b>Áreas</b>	2	4,799	<b>0,0001</b>
<b>Campanhas x Áreas</b>	2	2,3334	<b>0,0093</b>
<b>Res</b>	44		

Tabela 9. Resultados das comparações múltiplas entre as campanhas de 2013 por área. AD – Área dragada; ADD – Área de deposição de dragados; AC – Área controlo. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P<0,05$ .

Campanhas	Áreas	t	perms	P(MC)
Junho/novembro de 2013	AD	2,6633	126	<b>0,0013</b>
	ADD	1,436	9936	0,0638
	AC	1,3267	126	0,1616

Tabela 10. Resultados das comparações múltiplas entre as áreas nas campanhas de junho e novembro de 2013. AD – Área dragada; ADD – Área de deposição de dragados; AC – Área controlo. Em negrito encontram-se os valores significativos para  $P<0,05$ .

Campanhas	Áreas	t	perms	P(MC)
Junho de 2013	AD, ADD	1,794	7314	<b>0,021</b>
	AD, AC	1,9158	126	<b>0,0194</b>
	ADD, AC	1,3856	7295	0,1043
Novembro de 2013	AD, ADD	2,3949	7312	<b>0,0007</b>
	AD, AC	2,9573	126	<b>0,0009</b>
	ADD, AC	1,4145	7281	0,0723

## Amostragem de fevereiro de 2015

A campanha de amostragem de fevereiro de 2015 apresentou resultados muito diferentes das campanhas anteriores, sobretudo no que se refere à abundância e riqueza específica. Nesta campanha foram capturados apenas 265 indivíduos, distribuídos por 28 taxa. Os anelídeos (36%) apresentaram a maior riqueza específica, seguidos pelos artrópodes (32%) e moluscos (19%). O filo mais abundante foi o dos artrópodes (47%), seguido pelos anelídeos (37%) e moluscos (11%). As espécies mais abundantes foram *Diogenes pugilator* (35%) e *Nephtys cirrosa* (23%).

A abundância e a riqueza específica foram sempre muito baixas (Tabela 11; Figuras 20 e 21, respetivamente). O índice de diversidade de Shannon-Wiener também apresentou valores muito baixos em cada local, tendo como referência os valores encontrados nos anos anteriores (Tabela 11; Figura 22).

Tabela 11. Média das réplicas por local de amostragem da abundância (N), riqueza específica (S) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a campanha de amostragem de fevereiro de 2015.

Transeto	Local	Abundância (N/0,1 m <sup>2</sup> )	Riqueza específica (S/0,1 m <sup>2</sup> )	H'(bits/ind./0,1 m <sup>2</sup> )
T1	P1	3,6	2,2	0,98
	P2	4,5	1,5	0,36
	P3	2,5	1,0	0,00
	P4	2,7	2,3	1,17
	P5	1,3	1,3	0,25
T2	P1	1,4	1,2	0,20
	P2	3,6	2,2	0,82
	P3	3,0	1,7	0,64
	P4	1,0	1,0	0,00
T3	P1	5,2	3,0	1,27
	P2	9,0	4,0	1,59
	P3	2,8	2,3	1,11
	P4	1,3	1,0	0,00
	P5	1,0	1,0	0,00
T4	P1	2,3	1,0	0,00
	P2	1,0	1,0	0,00
	P3	1,5	1,0	0,00
	P5	1,0	1,0	0,00
T5	P1	3,8	2,6	1,10
	P2	7,2	3,0	1,24
	P3	3,6	1,8	0,62
	P4	1,0	1,0	0,00
	P5	1,0	1,0	0,00

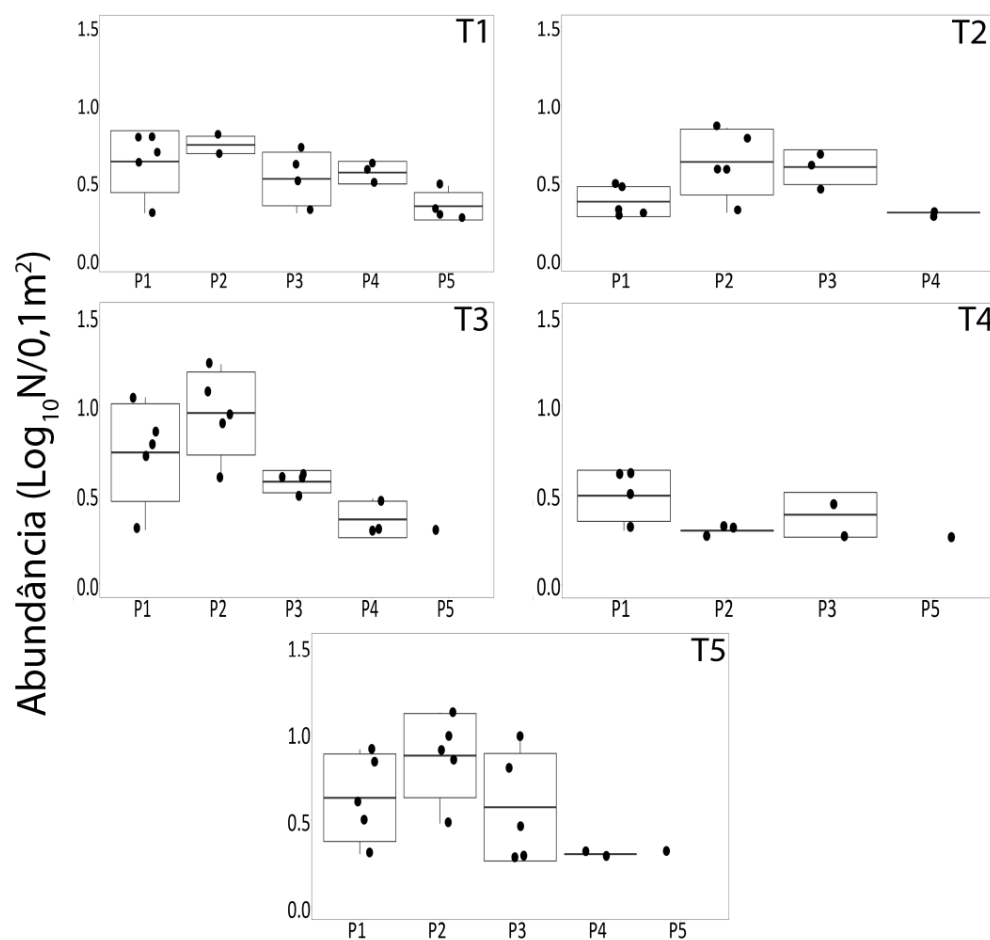


Figura 20. Representação da distribuição da abundância por transeto e local de amostragem na campanha de fevereiro de 2015 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

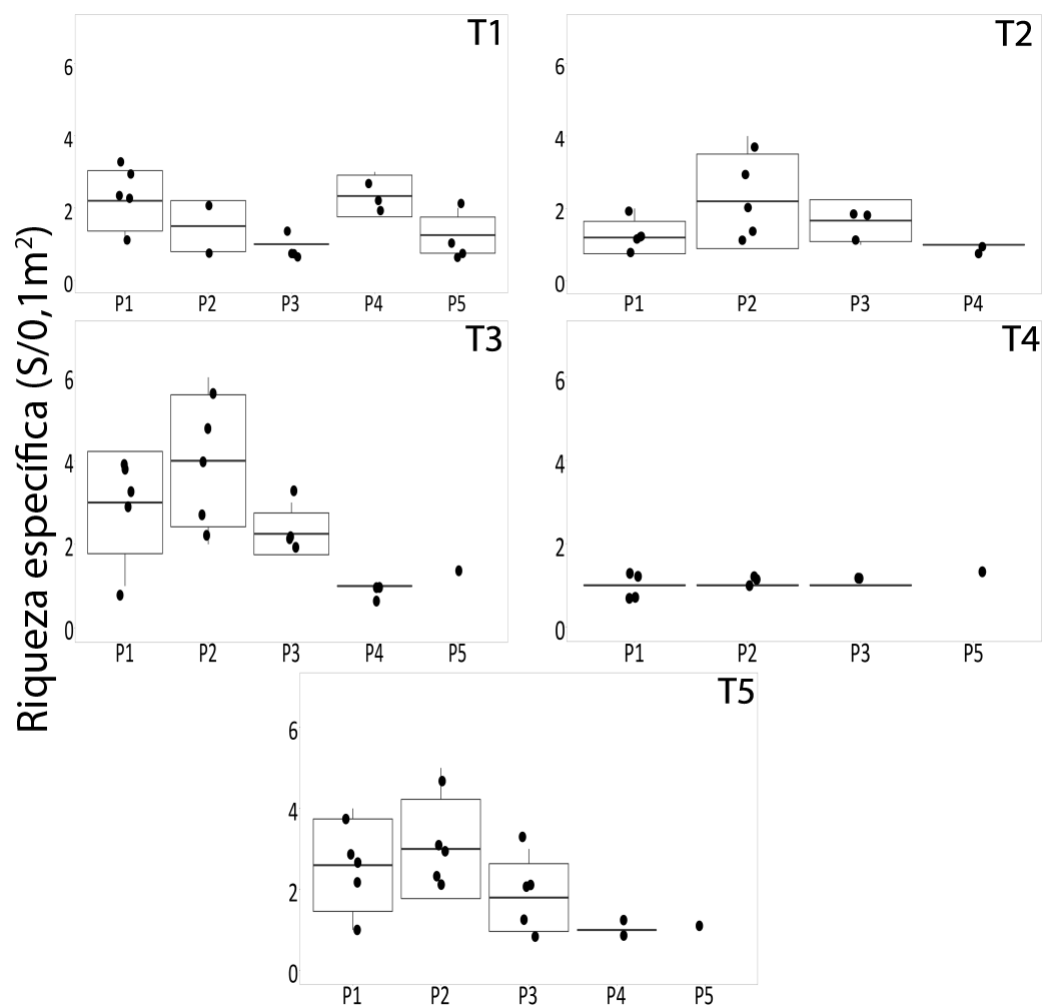


Figura 21. Representação da distribuição da riqueza específica por transeito e local de amostragem na campanha de fevereiro de 2015 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controlo. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

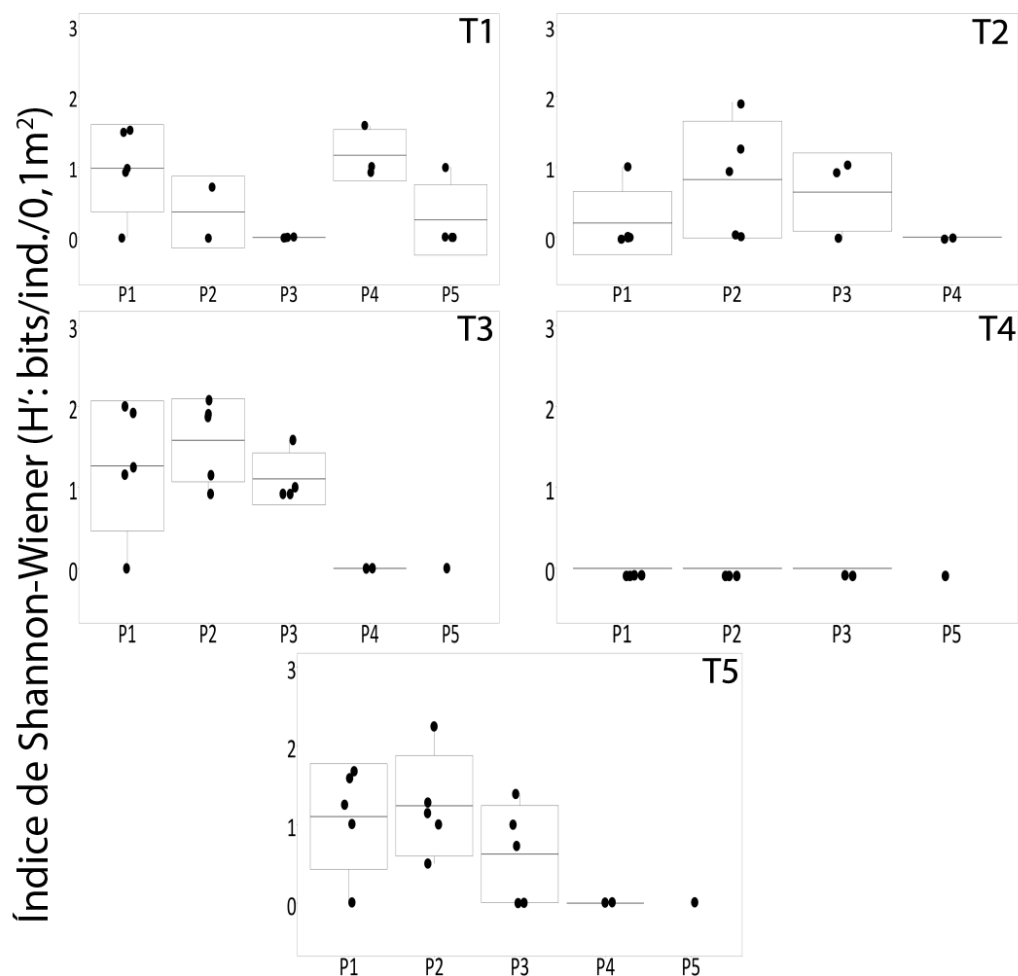


Figura 22. Representação da distribuição do índice de diversidade Shannon-Wiener por transeto e local de amostragem na campanha de fevereiro de 2015 (os locais P1 situam-se mais longe da costa, sendo os P5 mais próximos). T1 – área dragada; T2, T4 e T5 – área de deposição de dragados; T3 – área de controle. Para cada local, a caixa indica o valor da média e desvio padrão, as linhas verticais indicam os valores máximo e mínimo e os círculos representam as réplicas por local.

A Figura 23 apresenta a análise de ordenação por nMDS da matriz de similaridade de Bray-Curtis relativa aos dados de abundância da campanha de fevereiro de 2015. Esta análise não mostrou o gradiente costa-largo como nas campanhas de 2010-2011 e 2013, não sendo possível observar padrões na representação da abundância, da riqueza específica ou do índice de diversidade de Shannon-Wiener.

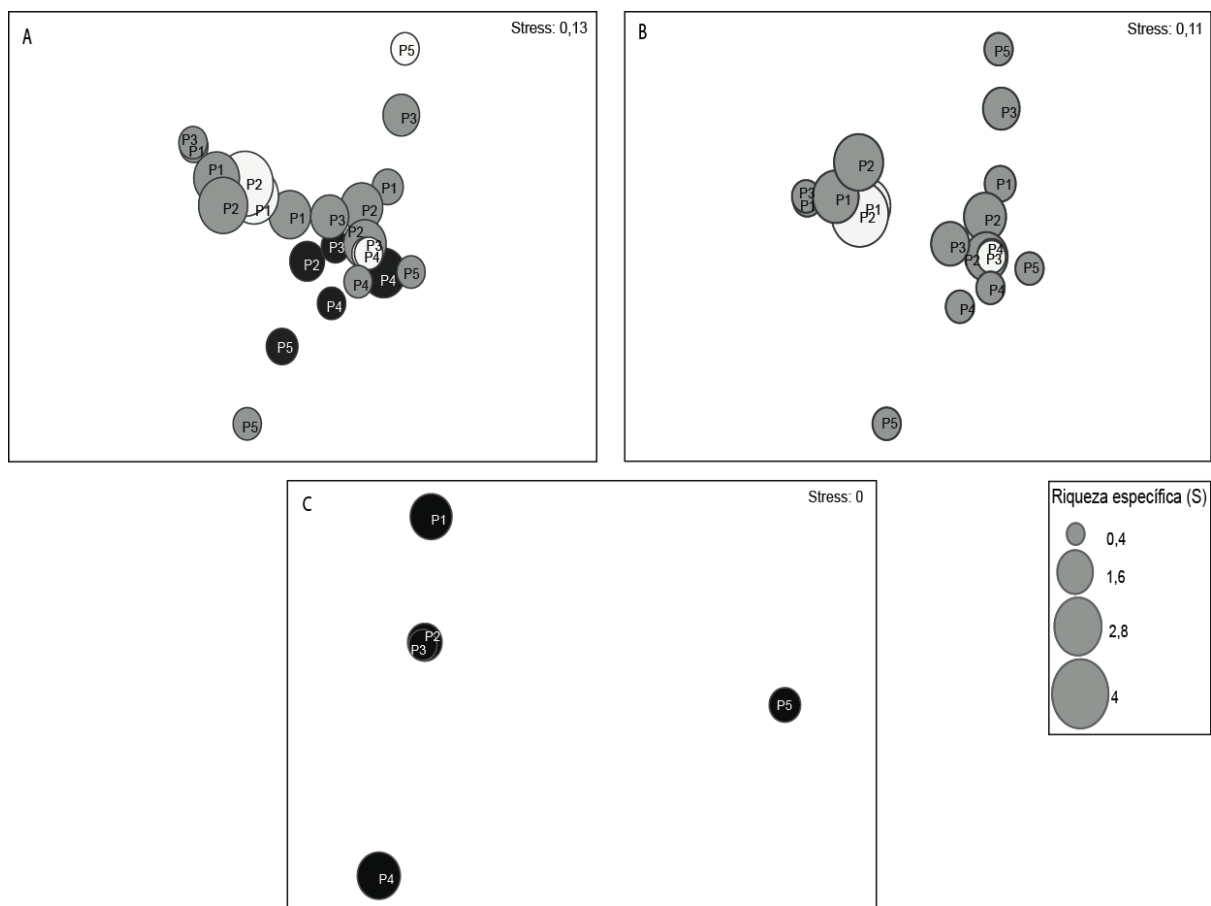


Figura 23. Representação da riqueza específica sobre a análise de ordenação da abundância das espécies da campanha de fevereiro de 2015. A - Com todas áreas. B - Com os locais da área de deposição de dragados (cinza) e área controle (branco). C - Com os locais da área dragada (preto).



## DISCUSSÃO

A comunidade bentónica da costa portuguesa tem sido amplamente estudada (Freitas *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2013), embora a intervalos maiores de profundidade dos realizados neste estudo. As espécies com maior ocorrência neste estudo, como *Mediomastus fragilis*, *Lanice conchilega* e *Donax vittatus* nas campanhas de dezembro 2010-janeiro 2011 e junho de 2013, *Pisone remota* e *Donax vittatus* na campanha de novembro de 2013 e *Diogenes pugilator* e *Nephtys cirrosa* na de fevereiro de 2015, são espécies observadas em comunidades bentónicas de ambientes aparentemente não impactados na costa Atlântica (Dolbeth *et al.*, 2007; Freitas *et al.*, 2011; Lourido *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2013) e com forte hidrodinamismo (Dolbeth *et al.*, 2007; Freitas *et al.*, 2011; Quintino *et al.*, 1987; 1989).

A granulometria do sedimento não apresentou diferença entre as campanhas que precederam uma dragagem (junho de 2013 e fevereiro de 2015), mas foram diferentes entre as campanhas de junho e novembro de 2013, esta segunda posterior a uma dragagem. A área dragada foi, sempre, diferente das outras áreas, nessas campanhas. A distribuição das comunidades bentónicas está associada a diversas variáveis ambientais, tal como o tipo de sedimento, sazonalidade, profundidade, marés e ondulação (Dolbeth *et al.*, 2007; Lourido *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2013) e neste trabalho foi possível observar que as espécies estão associadas ao tipo de sedimento e, provavelmente à ondulação, marés e sazonalidade.

Na campanha de 2010 a distribuição das espécies demonstrou haver um padrão claro de distanciamento à costa, ainda que não tenha sido possível observar a distribuição de acordo com a granulometria devido à ausência de desses dados para esta campanha. Nas campanhas de 2013 os locais com maior abundância, riqueza específica e diversidade foram os mais distantes à costa, com predominância de areia média ou fina, este mesmo padrão de distância à costa foi observado em outros trabalhos realizados em águas pouco profundas (até 30m) na costa portuguesa e em outros lugares (Angonesi *et al.*, 2006; Dolbeth *et al.*, 2007; Freitas *et al.*, 2011; Jones e Candy, 1981; Sánchez-Moyano *et al.*, 2003).

A distribuição das espécies na campanha de junho de 2013 mostrou que os locais com areia fina e muito fina foram dominados pelas espécies *Magelona johnstoni*, *Mediomastus fragilis*, *Lanice conchilega*. Os locais com areia média juntos

à costa foram dominados por *Nephtys cirrosa* e os de areia média na área dragada por *Gastrosaccus spinifer*. Estes resultados foram coerentes com trabalhos realizados por Freitas *et al.* (2011), Lourido *et al.* (2010) e Martins *et al.* (2013), embora nestes estudos *M. fragilis* se tenha também revelado muito abundante em sedimentos grosseiros. Já para a campanha de novembro a comunidade identificada foi coerente com a comunidade descrita no trabalho realizado por Martins *et al.* (2013), na costa portuguesa, com a presença de *Diogenes pugilator* em locais com areia fina, *Eurydice naylori* e *Portumnus latipes* nos de areia média e *Pisone parapari* e *P. remota* nos de areia grosseira e muito grosseira.

O bivalve *Donax vittatus*, uma espécie característica de ambientes de baixa profundidade (Ansell e Lagardere, 1980), forte hidrodinamismo (Kröncke *et al.*, 2001), e com predominância em areia fina e muito fina (Alexander *et al.*, 1993), apesar de ter sido uma das espécies mais abundantes nas campanhas de 2010, e 2013, não aparece amplamente descrita como dominante em trabalhos realizados ao longo da costa portuguesa e em outros locais semelhantes (Freitas *et al.*, 2011; Lourido *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2013), embora, de acordo com Dolbeth *et al.* (2007; 2009), o género aparece entre os mais abundantes em águas pouco profundas na região do Algarve e apresenta elevado valor comercial. Ainda assim, resta salientar que os trabalhos com enfoque em toda a comunidade bentónica ou especificamente em moluscos geralmente são feitos em locais com maior profundidade, fator que pode explicar a baixa ocorrência ou a ausência deste bivalve nesses trabalhos.

Os testes globais com os dados biológicos comparando as campanhas de 2013 indicaram essas campanhas foram significativamente diferentes entre si, resultado também obtido nas comparações entre estas campanhas para a granulometria. Os testes múltiplos com os dados biológicos comparando as áreas dessas duas campanhas de 2013 mostraram que a área dragada foi significativamente diferente entre essas campanhas. Estes resultados apontam que a comunidade nessa área foi alterada, uma vez que a área controlo não apresentou diferenças entre as campanhas. A área de deposição de dragados não apresentou diferenças significativas, embora de forma tangencial ( $P=0.063$ ). Os índices de diversidade evidenciaram a alteração observada nos testes, apresentando maior riqueza e abundância na campanha de novembro. A área dragada ainda apresentou diferenças em relação às áreas de deposição de dragados e de controlo. Essa

separação das áreas pode ser justificada pelas condições hidrodinâmicas que pressupõe ser diferente na área dragada, devido à influência dos movimentos naturais do mar, da ria de Aveiro e ainda devido à ondulação presente nas áreas de deposição de dragados e de controlo, mas ausente na área dragada.

A alteração da comunidade na área dragada de junho para novembro de 2013 pode estar associada ao aumento da área de sedimentos mais grosseiro, de junho para novembro, justificando o aparecimento e dominância das espécies *P. Parapari*, *P. remota* e *G. spinifer* nesta área na campanha de novembro, espécies características de sedimentos mais grosseiro (Dolbeth *et al.*, 2007; Lourido *et al.*, 2010; Martins *et al.* 2013). Estas alterações podem ter relação direta com as atividades de dragagem, acabando por expor areia com granulometria mais grosseira e/ou devido ao efeito indireto da dragagem como o aumento da profundidade da entrada do canal da Barra alterando a correntologia da área. Entretanto, não se pode saber ao certo os motivos da alteração da comunidade e da granulometria dos sedimentos, uma vez que a coleta dos dados não levou em conta diversas variáveis ambientais que moldam a estrutura das comunidades e dos habitats.

Os resultados obtidos na campanha de 2015 foram particularmente distintos das demais campanhas. A abundância, riqueza específica e diversidade foram relativamente baixos para a área de estudo, em comparação com as campanhas anteriores realizados na mesma área de estudo e com outras áreas da costa portuguesa (Freitas *et al.*, 2005; 2011; Martins *et al.*, 2013). Assim, algumas análises não foram realizadas e as análises de ordenação não apontaram padrões de distribuição das espécies. Estes resultados poderão ter relação com a tempestade Hércules que ocorreu nos primeiros dias de janeiro de 2014 (Santos *et al.*, 2014) e que acabou por recolher grande parte da areia localizada junto à praia da Costa Nova, resultando no recuo da praia observado na comparação da batimetria por transeto.

A interpretação dos resultados das comparações entre campanhas deve ser feita com alguma cautela, uma vez que as duas campanhas foram realizadas em períodos do ano diferentes, podendo estar sujeitos ao efeito da sazonalidade ambiental e biológica. Em locais com pouca profundidade a sazonalidade ambiental apresenta variações consideráveis, dependendo da época do ano (Gaelzer e Zalmon, 2003). De acordo com Underwood (1994) e Smith *et al.* (1993) a variação natural de

uma comunidade no espaço e no tempo podem ser contornadas, pelo menos em partes, adaptando o desenho experimental de acordo com as variáveis ambientais. No entanto, não foi possível neste trabalho fazer uma avaliação temporal mais profunda das áreas de estudo, devido às diferenças encontradas, tanto na localização dos transetos, como nos métodos de amostragem utilizados nas diferentes campanhas entre 2010 e 2015.

## CRÍTICAS AO DESENHO EXPERIMENTAL

Estudos de impacto ambiental, geralmente, seguem o desenho experimental BACI (sigla em inglês para before and after control impact) proposto inicialmente por Green (1979), que se refere ao estudo das comunidades nos momentos antes e depois de um impacto. O estudo precedente a um impacto numa determinada comunidade permite o estabelecimento do momento de referência dessa comunidade, possibilitando comparações necessárias nos estudos posteriores ao impacto (Smith *et al.*, 1993; Underwood, 1991; 1992). Os padrões de distribuição permitem-nos identificar as comunidades, de acordo com as características sedimentares, sendo assim, a elaboração de um desenho experimental para a recolha de dados biológicos deve sempre, seguir estas variáveis, possibilitando uma melhor abordagem estatística (Underwood, 1991; 1992).

Não obstante, nem sempre é possível fazer um desenho experimental que responda a todas as perguntas, devido às dificuldades encontradas em campo. Underwood (1992) discute as dificuldades encontradas na elaboração de desenhos experimentais para estudos de impacto ambiental e apresenta algumas soluções para essas dificuldades. Um dos aspetos a ter em conta é que as variações temporais e espaciais de uma comunidade ocorrem de forma natural. A quantidade de locais amostrados deve ser suficiente para observar possíveis padrões invulgares na variação temporal natural da comunidade e a frequência das amostragens deve ter em conta as flutuações temporais das variáveis ambientais, de forma a evitar a influencia dos ciclos naturais (Smith *et al.*, 1993; Underwood, 1994). Além disso, devem ser escolhidas uma quantidade considerável de réplicas dos locais controlo e sujeitos a impacto para observar as variações espaciais da comunidade (Smith *et al.*, 1993; Underwood, 1991; 1992; 1994).

A quantidade de áreas controle foi maior na campanha de dezembro de 2010 – janeiro de 2011 em relação às demais campanhas realizadas posteriormente, com um transeto para cada área sujeita a impacto nesta campanha e somente um transeto controle para todas as áreas nas campanhas de 2013 e de 2015, o que parece pouco. Por outro lado, a proximidade desses transetos às áreas de impacto faz com que eles estejam sujeitos ao respetivo impacto, uma vez que, de acordo com Ray *et al.* (2005) e Smith (2002), os efeitos de uma dragagem e de deposição de dragados podem estender-se a vários quilómetros, consoante as características do sedimento e do hidrodinamismo, com maior extensão do impacto em zonas com fortes efeitos hidrodinâmicos, como é o caso da costa de Aveiro. Deste modo, recomenda-se que as áreas controle estejam mais afastados do efeito do impacto. Entretanto, nem sempre é possível estabelecer uma área controle com todos os habitats presentes na área de impacto e uma alternativa proposta por Underwood (1994) é a utilização de outras áreas controle em outras zonas ao longo da costa que apresentam uma maior semelhança possível com a área impactada.

Outro aspeto a salientar foi a escolha de transetos para amostragens em áreas com uma variação de características ambientais. Os transetos próximos da costa nas áreas de deposição de dragados e de controle apresentaram uma variação em relação à distância à costa, podendo traduzir-se na intensidade das ondas, influência das marés, tipo de sedimentos (Gaelzer e Zalmon, 2003), fatores que afetam diretamente a distribuição das espécies (Dolbeth *et al.*, 2007; Lourido *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2013). Underwood (1994) recomenda que a escolha dos locais de amostragem deve ser aleatória e dispersa, sendo que as áreas de controle devem incluir os habitats presentes na área impactada de forma a que as análises estatísticas realizadas posteriormente possam comparar locais a nível espacial e temporal. Neste trabalho, as áreas controle podem servir apenas como comparação para as áreas de deposição de dragados. A localização dos locais de amostragem no transeto controle tinham como finalidade, com um único transeto, servir de controle tanto para a área de deposição de dragados como para a área dragada, traduzindo-se num erro de desenho experimental.

Finalmente, a escolha dos métodos de amostragem deve ser padronizada. Nas campanhas deste trabalho foram utilizados três métodos de amostragem diferentes, draga PONAR, draga Smith-McIntire e colheita por mergulhadores. Somente as

campanhas de 2013 foram similares em relação ao amostrador. Portanto, a área unitária amostrada em cada campanha foi diferente uma vez que a área de ataque de cada amostrador é diferente. Consequentemente, no que toca o rigor científico, as comparações estatísticas por meio de testes de hipótese não são os mais corretos (Underwood, 1991; 1992; 1994).

## CONCLUSÃO

A comunidade bentónica na área de estudo é característica de ambientes com forte hidrodinamismo e, de modo geral, corresponde às comunidades descritas em outros trabalhos realizados na região de Aveiro e na costa portuguesa. Esta comunidade está dispersa seguindo um padrão de acordo com as características sedimentares e um gradiente de profundidade, relacionadas com as características hidrodinâmicas das áreas estudadas. Desta forma, foram encontradas diferenças significativas entre a área dragada e as áreas controlo e de deposição nas campanhas de 2013, que podem ser justificadas pela variação das características ambientais de local para local nas diferentes áreas, de acordo com o gradiente de distanciamento da costa. É assim muito difícil argumentar que os efeitos observados foram apenas devido às atividades de dragagem.

O desenho experimental utilizado nas campanhas não permitiu responder com clareza a um dos objetivos iniciais – analisar o efeito das atividades de dragagem e deposição de dragados sobre as comunidades bentónicas – sendo necessário padronizar o desenho experimental com réplicas temporais com uma frequência que permita minimizar as dificuldades impostas pelas condições naturais e com réplicas espaciais dos locais amostrados na área de impacto e na área controlo que permitam minimizar as dificuldades impostas pela variação espacial de uma comunidade. Além disso, a localização das áreas de controlo deve ter o mínimo ou nenhuma influência das atividades de dragagem e deposição de dragados.

Contudo, é necessário assumir que avaliar o impacto das atividades humanas numa comunidade apresenta grandes dificuldades, uma vez que nem sempre é possível reunir todas as condições necessárias para que o desenho experimental seja o mais adequado possível para a realização das análises desejadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, R.R., Stanton Jr, R.J., Dodd, J.R., 1993. Influence of sediment grain size on the burrowing of bivalves: correlation with distribution and stratigraphic persistence of selected neogene clams. *Palaios* 8, 289-303.
- Amorim, I., 1996. AVEIRO E SUA PROVIDORIA NO SÉCXVIII (1690-1814): estudo económico de um espaço histórico. Faculdade de Letras do Porto, Porto.
- Anderson, M.J., Clarke, R.N., Gorley, K.R., 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth.
- Angonesi, L.G., Bemvenuti, C.E., Gandra, M.S., 2006. Effects os dredging sediment disposal on the coastal marine macrobenthic assemblage in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66, 413-420.
- Ansell, A., Lagardere, F., 1980. Observations on the biology of *Donax trunculus* and *D. vittatus* at Ile d'Oleron (French Atlantic Coast). *Marine Biology* 57, 287-300.
- APA, A.d.P.d.A., 2016. Porto de Aveiro: Um Porto de Nova Geração. Administração do Porto de Aveiro, APA, Aveiro.
- Clarke, K., Warwick, R., 2001. An approach to statistical analysis and interpretation, Second ed. PRIMER-E, Plymouth, 176pp.
- Clarke, KR, Gorley, RN, 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, 192pp.
- Coelho, C., Silva, P.A., Pinheiro, L.M., Gonçalves, D.S., 2011. Dragagens: fundamentos, técnicas e impactos. Aveiro: UA Editora, 279pp.
- Dionísio, A.L.A., 2015. Identificação e Desenvolvimento de Indicadores de Desempenho Ambiental para Atividades Portuárias (Tese de Mestrado não publicada), Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. Retirado de <https://ria.ua.pt/handle/10773/15459>.
- Dolbeth, M., Ferreira, Ó., Teixeira, H., Marques, J.C., Dias, J.A., Pardal, M.A., 2007. Beach morphodynamic impact on a macrobenthic community along a subtidal depth gradient, *Marine Ecology Progress Series* 352, 113–124.
- Dolbeth, M., Teixeira, H., Marques, J.C., Pardal, M.Â., 2009. Feeding guild composition of a macrobenthic subtidal community along a depth gradient. *Scientia Marina* 73, 225-237.
- ESRI, 2013. ArcGIS Desktop: Release 10.2. Environmental Systems Research Institute., Redland.
- ESRI, 2014. How IDW works, ArcGIS Help 10.2, 10.2.1, and 10.2.2.
- Fettweis, M., Baeye, M., , F.F., Lauwaert, B., Eynde, D.V.d., Lancker, V.V., Martens, C., Michielsen, T., 2011. Monitoring the effects of disposal of fine sediments from maintenance dredging on suspended particulate matter concentration in the

- Belgian nearshore area (southern North Sea). *Marine Pollution Bulletin* 66, 258-269.
- Freitas, R., Ricardo, F., Pereira, F., Sampaio, L., Carvalho, S., Gaspar, M., Quintino, V., Rodrigues, A.M., 2011. Benthic habitat mapping: concerns using a combined approach (acoustic, sediment and biological data). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92, 598-606.
- Freitas, R., Sampaio, L., Rodrigues, A.M., Quintino, V., 2005. Sea-bottom classification across a shallow-water bar channel and near-shore shelf, using single-beam acoustics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65, 625-632.
- Gaelzer, L.R., Zalmon, I.R., 2003. The influence of wave gradient on the ichthyofauna of southeastern Brazil: Focusing the community structure in surf-zone. *Journal of Coastal Research* 35, 456-462.
- Green, R.H., 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. John Wiley & Sons, Inc., New York, 272 pp.
- Hill, J.M., Marzioletti, S., Pearce, B., 2011. Recovery of Seabed Resources Following Marine Aggregate Extraction. Marine Aggregate Levy Sustainability Fund (MALSF). Science Monograph Series 2, 44pp.
- Jones, G., Candy, S., 1981. Effects of Dredging on the Macrobenthic Infauna of Botany Bay. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 32, 379-398.
- Kröncke, I., Zeiss, B., Rensing, C., 2001. Long-term variability in macrofauna species composition off the island of Norderney (East Frisia, Germany) in relation to changes in climatic and environmental conditions. *Senckenbergiana maritima* 31, 65-82.
- Kruskal, J.B., 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika* 29, 1-27.
- Lourido, A., Moreira, J., Troncoso, J.S., 2010. Spatial distribution of benthic macrofauna in subtidal sediments of the Ría de Aldán (Galicia, northwest Spain). *Scientia Marina* 74, 705-715.
- Martins, R., Quintino, V., Rodrigues, A.M., 2013. Diversity and spatial distribution patterns of the soft-bottom macrofauna communities on the Portuguese continental shelf. *Journal of Sea Research* 83, 173–186.
- Paik, S.G., Yun, S.G., Park, H.S., Ma, J.H.L.a.C.W., 2008. Effects of sediment disturbance caused by bridge construction on macrobenthic communities in Asan Bay, Korea. *Journal of Environmental Biology* 29, 559-566.
- Pereira, M.T.S., Ramos, R.S., 2004. The Port of Lisbon, Portugal: Maintenance Dredging in a Sensitive Environmental System. *Terra et Aqua* 134, 5-13.
- Phua, C., Akker, S.v.d., Baretta, M., Dalfsen, J.v., 2002. Ecological Effects of Sand Extraction in the North Sea. Stichting De Noordzee, Utrecht. URL <https://www.vliz.be/imisdocs/publications/154975.pdf>



- Quintino, V., Rodrigues, A.M., Gentil, F., 1989. Assessment of macrozoobenthic communities in the lagoon of Óbidos, western coast of Portugal. *Scientia Marina* 53, 645-654.
- Quintino, V., Rodrigues, A.M., Gentil, F., Peneda, M., 1987. Macrozoobenthic community structure in the Lagoon of Albufeira, western coast of Portugal. *Journal of experimental marine biology and ecology* 106, 229-241.
- R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ray, G.L., Clarke, D.G., Engler, R.M., 2005. Rates and Effects of Sedimentation in the Context of Dredging and Dredged Material Placement (No. ERDC-TN-DOER-E19). Engineer Research And Development Center Vicksburg Ms.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., Slack, B., 2006. The Geografy of Transport Systems. Routhledge, New York, 284pp.
- Santos, Â., Mendes, S., Corte-Real, J., 2014. Impacts of the storm Hercules in Portugal. *Finisterra* 49, 197-220.
- Sánchez-Moyano, J.E., Estancio, F.J., García-Adiego, E.M., García-Gomes, J.C., 2003. Dredging impact on the benthic community of an unaltered inlet in southern Spain. *Helgoland Marine Research* 58, 32-39.
- Sequeira, J.M.D., 2014. GEOPOLÍTICA - Transporte no Espaço Ibérico. Lisboa: Letras Itenerantes, 340pp.
- Smith EP, 2002. BACI design. In: El-Shaarawi AH and Piegorsch WW (eds), *Encyclopedia of Environmentrics*. John Wiley & Sons, Chichester, 8-141pp.
- Smith, E.P., Orvos, D.R., Cairns Jr, J., 1993. Impact assessment using the before-after-control-impact (BACI) model: concerns and comments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50, 627-637.
- Sousa, J.F.d., 2004. O Porto de Funchal no contexto Do Sistema Portuário Insular Regional: As Infraestruturas, os Tráfegos e as Funções Portuárias (Tese de doutoramento não publicada). Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa, 578pp.
- Underwood, A., 1991. Beyond BACI: experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Marine and Freshwater Research* 42, 569-587.
- Underwood, A., 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of experimental marine biology and ecology* 161, 145-178.
- Underwood, A., 1994. On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological applications* 4, 3-15.

- Wentworth, C.K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology* 30, 377-392.
- Wickham, H., 2009. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer, New York.
- Wilber, D.H., Brostoff, W., Clarke, D.G., Ray, G.L., 2005. *Sedimentation: Potential Biological Effects of Dredging Operations in Estuarine and Marine Environments* (No. DOER-E20). US Army Engineer Research and Development Center, 15pp.

